

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1969

No

125

THÈSE

POUR LE
DOCTORAT EN MÉDECINE
(Diplôme d'Etat)

par

RUHLMANN, Louis

Né le 26 Mars 1939, à Sélestat (Bas-Rhin).

Présentée et soutenue publiquement le

**UNE MÉTHODE NOUVELLE EN HYDROLOGIE :
LA PHOTOGRAPHIE DE L'IMPACT DES GOUTTES.
APPLICATION AUX EAUX THERMALES FRANÇAISES.**

Président : Mr. Ch. DEBRAY, Professeur.

DUPUYTREN-COPY
9, Rue Dupuytren
Paris (6°)
1969

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1969

N°

THÈSE

POUR LE
DOCTORAT EN MÉDECINE
(Diplôme d'Etat)

par

RUHLMANN, Louis

Né le 26 Mars 1939, à Sélestat (Bas-Rhin).

Présentée et soutenue publiquement le



UNE MÉTHODE NOUVELLE EN HYDROLOGIE : LA PHOTOGRAPHIE DE L'IMPACT DES GOUTTES. APPLICATION AUX EAUX THERMALES FRANÇAISES.

President : Mr. Ch. DEBRAY, Professeur.

DUPUYTREN-COPY
9, Rue Dupuytren
Paris (6°)
1969

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

190

1901

THÈSE

DE

DOCTEUR EN MÉDECINE

(Diplôme de 1863)

Par

SULLIVAN, James

né le 10 mai 1874, à New York (U.S.A.)

Présentée et soutenue publiquement le



UNE MÉTHODE NOUVELLE EN HYDROLOGIE :
LA MÉTHODE DE L'ÉTAT DES COÛTES.
APPLICATION AUX CAS DE MALADIES TRAVERSIÈRES

Présentée par le Docteur, M. SULLIVAN

DOCTEUR EN MÉDECINE
Né le 10 mai 1874
Paris (1874)
1901

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. ALAJOUANINE (T.), BENARD (H.), BERNARD (E.),
 BINET (L.), BULLIARD (H.), CATHALA (J.), CHABROL (E.),
 CHAILLEY-BERT (P.), CHEYMOL (J.), COSTE (F.), DEBRE
 (R.), DECHAUME (M.), GALLIARD (H.), GAUDARD D'ALLAI-
 NES (F. de), GENNES (L. de), GIROUD (A.), HAZARD (R.),
 HEUYER (G.), LACOMME (M.), LAMY (M.), LAROCHE (G.),
 LELONG (M.), LEVY (Mlle J.), LEVY-SOLAL (E.), LIAN
 (C.), MADURO (R.), MARCHAL (G.), MATHIEU (P.), MONOD
 (R.), MOREAU (R.), MOULONGUET (P.), PASTEUR VALLERY-
 RADOT, PETIT-DUTAILLIS (D.), PIEDELIEVRE (R.), QUENU
 (J.), RENARD (G.), SENEQUE (J.), STROHL (A.), TANON
 (L.), TURPIN (R.), VERNE (J.).

DOYEN..... Georges BROUET

1er ASSESSEUR..... Daniel BARGETON

2me ASSESSEUR..... Jean GOSSET

PROFESSEURS :

A. - CHAIRES DE SCIENCES FONDAMENTALES

MM.

Anatomie.....	DELMAS (A.)
-	HUARD (P.)
- à titre personnel	CABROL (Ch.)
- -	OLIVIER (G.)
Anatomie et Cytologie pathologiques.....	DELARUE (J.)
- à titre personnel	NEZELOF (Ch.)
- -	ORCEL (L.)
Biochimie médicale	JAYLE (M.-F.)
- -	DESGREZ (P.)
- -	POLONOVSKI (J.)
Chimie pathologique	SCHAPIRA (G.)
- à titre personnel	CARTIER (P.)
- -	DREYFUS (J.-Cl.)

MM.

Biologie médicale, à titre personnel	BOURLIERE (F.)
- - - -	HARTMANN (L.)
Biophysique médicale	BUGNARD (L.)
- - - -	DJOURNO (A.)
- - - -	DOGNON (A.)
- à titre personnel	KELLERSHOHN (L.)
- - - -	GOUGEROT (L.)
- - - -	ROUCAYROL (J.-Cl.)
Cancérologie expérimentale	MATHE (G.)
Génétique fondamentale	LEJEUNE (J.)
Histologie et Embryologie	COUJARD (R.)
- - - -	TUCHMANN-DUPLESSIS (H.)
- à titre personnel	RACADOT (J.)
Microbiologie	FASQUELLE (R.)
Bactériologie et Virologie	TOURNIER (P.)
- à titre personnel	BARBIER (P.)
Parasitologie	LARIVIERE (M.)
Pathologie expérimentale et comparée	MERKLEN (F.-P.)
- à titre personnel	LOEPER (J.)
Pharmacologie	BOISSIER (J.-R.)
- - - -	LECHAT (P.)
Physiologie	BARGETON (D.)
- - - -	MALMEJAC (J.)
- - - -	PARROT (J.)
- à titre personnel	DEJOURS (P.)
Physiologie et biologie appliquée aux sports	SCHERRER (J.)

B. - CHAIRES DE SCIENCES CLINIQUES

1°- MEDECINE

Biologie médicale	FAUVERT (R.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie	COURY (Ch.)
Hygiène et médecine préventive	BOYER (J.)
Médecine du Travail	DESOILLE (H.)
Médecine légale, droit médical et déontologie	DEROBERT (L.)
Pathologie exotique	BRUMPT (L.-C.)
Pathologie médicale	BUGE (A.)
- - - -	BRICAIRE (H.)

MM.

Pathologie médicale.....	CORNET (A.)
- -	HOUSSET (E.)
- -	LAROCHE (Cl.)
- à titre personnel.....	AZERAD (E.)
- - -	BOUR (H.)
- - -	BROCARD (H.)
- - -	CAROLI (J.)
- - -	FACQUET (J.)
- - -	LAMBLING (A.)
- - -	LAUNAY (Cl.)
- - -	PAYET (M.)
- - -	PERRAULT (M.)
- - -	SIGUIER (F.)
- - -	WORMS (R.)
- - -	BOUVIER (J.)
Pathologie respiratoire	TURIAF (J.)
Pathologie et Thérapeutiques générales.....	MAURICE (P.)
Thérapeutique	LAMOTTE (M.)
Thérapeutique appliquée.....	MARCHE (J.)

CHAIRES de CLINIQUES :

Clinique cardiologique (Boucicaut).....	LENEGRE (J.)
- - (Broussais).....	SOULIE (P.)
Clinique dermatologique (Saint-Louis).....	DUPERRAT (F.)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques (Saint-Louis).....	DEGOS (R.)
Clinique endocrinologique (Pitié).....	DECOURT (J.)
Clinique des maladies infectieuses (Claude-Bernard).....	MOLLARET (P.)
- à titre personnel.....	BASTIN (R.)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale (Sainte-Anne).....	DELAY (J.)
- à titre personnel (neuro- psychiatrie).....	PICHOT (P.)
Clinique des maladies du système nerveux (Salpêtrière).....	CASTAIGNE (P.)
Clinique neurologique (Salpêtrière).....	GARCIN (R.)
- à titre personnel.....	LHERMITTE (F.)
Clinique de neuro-psychiatrie infan- tile (Salpêtrière).....	MICHAUX (L.)
Clinique des maladies du sang (Broussais).....	BERNARD (J.)

MM.

Clinique des maladies du sang	
à titre personnel (hématol.)	ANDRE (R.)
- - - -	BOUSSER (J.)
- - - -	DREYFUS (B.)
(Bicêtre	DEPARIS (M.)
(Broussais	MILLIEZ (P.)
(Cochin	PEQUIGNOT (H.)
(Hôtel-Dieu	BARIETY (M.)
Cliniques médicales (Pitié	DREYFUS (G.)
(Saint-Antoine	BOUDIN (G.)
(-	CONTE (M.)
(-	KOURILSKY (R.)
Clinique médicale propédeutique	
(Broussais)	JUSTIN-BESANÇON (L.)
Clinique thérapeutique médicale	
(Saint-Antoine)	LEMAIRE (A.)
Clinique et séméiologie médicales	
(Antoine-Chantin)	DOMART (A.)
Séméiologie médicale (Lariboisière)	BOUVRAIN (Y.)
- - (Pitié)	RAMBERT (P.)
- - (Rothschild)	WOLFROMM (R.)
Clinique d'Hydrologie et de Climatop-	
logie (Bichat)	DÉBRAY (Ch.)
- à titre personnel	GIBERTON (A.)
Clinique médico-sociale du diabète	
sucré et des maladies métaboliques	
(Hôtel-Dieu)	DEROT (M.)
Clinique néphrologique (Necker)	HAMBURGER (J.)
- à titre personnel	RICHET (G.)
- - -	CROSNIER (J.)
Clinique de génétique médicale	
(Enfants-Malades)	ROYER (P.)
Clinique des maladies des enfants	
(Enfants-Malades)	MOZZICONACCI (P.)
Clinique médicale infantile et de	
pédiatrie sociale (Enfants-Malades)	MARIE (J.)
Clinique de pédiatrie (Trousseau)	BRISAUD (H.)
- à titre personnel	LESOBRE (R.)
Clinique de pédiatrie et de puéricul-	
ture (Saint-Vincent-de-Paul)	THIEFFRY (S.)
Hygiène et clinique de la première	
enfance (Trousseau)	LAPLANE (R.)
- à titre personnel	POLONOVSKI (Cl.)

MM.

Clinique de pneumo-phtisiologie (Laënnec)	BROUET (G.)
- à titre personnel	KREIS (B.)
- - -	MEYER (A.)
Clinique de rééducation motrice	GROSSIORD (A.)
Electroradiologie	LEDOUX-LEBARD (M.)
-	LEFEBVRE (J.)
Radiologie médicale	DESGREZ (H.)
- à titre personnel	FISCHGOLD (H.)
- - -	TUBIANA (M.)
- - -	CHERIGIE (E.)
Clinique de rhumatologie médicale et sociale (Cochin)	DELBARRE (F.)
Clinique rhumatologique (Lariboisière)	SEZE (S. de)
Clinique toxicologique (Fernand-Widal)	GAULTIER (M.)

2°- CHIRURGIE

Anesthésiologie	VOURC'H (G.)
Pathologie chirurgicale	LAURENCE (G.)
-	KUSS (R.)
-	N...
- à titre personnel	RAMADIER (J.)
Physiologie et pathologie obstétricales	MORIN (P.)
Technique chirurgicale et chirurgie expérimentale	MONSAINGEON (A.)

CHAIRES de CLINIQUES :

Clinique carcinologique (Gustave-Roussy)	DENOIX (P.)
Clinique carcinologique chirurgicale (Necker)	REDON (H.)
- à titre personnel	BREHANT (J.)
(Beaujon)	LORTAT-JACOB (J.-L.)
(-)	BAUMANN (J.)
(Cochin)	LEGER (L.)
Cliniques chirurgicales (Hôtel-Dieu)	PATEL (J.)
(Saint-Antoine)	GOSSET (J.)
(Salpêtrière)	SICARD (A.)
(Tenon)	OLIVIER (Cl.)

MM.

Clinique thérapeutique chirurgicale (Vaugirard)	ROUX (M.)
Séméiologie et clinique chirurgicales (Broussais)	POILLEUX (F.)
- - (Saint-Louis)	DEBEYRE (J.)
Clinique chirurgicale orthopédique et traumatologique (Cochin)	MERLE D'AUBIGNE (R.)
- - (Foch)	PADOVANI (P.)
- - (Beaujon)	CAUCHOIX (J.)
Clinique traumatologique et orthopé- dique (Raymond-Poincaré)	JUDET (R.)
Clinique de chirurgie infantile et orthopédique (Enfants-Malades)	FEVRE (M.)
- à titre personnel	CHIGOT (P.-L.)
Clinique de chirurgie cardio-vasculaire (Broussais)	DUBOST (Ch.)
Clinique de chirurgie thoracique (Laënnec)	MATHEY (J.)
- à titre personnel	GAUDARD D'ALLAINES (Cl.de)
Clinique chirurgicale et gynécologi- que (Broca)	HUGUIER (J.)
Clinique obstétricale (Baudelocque)	LEPAGE (F.)
- (Saint-Antoine)	MERGER (R.)
Clinique obstétricale et gynécologi- que (Port-Royal)	VARANGOT (J.)
Clinique de neuro-chirurgie (Pitié)	DAVID (M.)
- à titre personnel	LEBEAU (J.)
Clinique ophtalmologique (Cochin)	BREGEAT (P.)
- (Hôtel-Dieu)	OFFRET G.
Clinique oto-rhino-laryngologique (Lariboisière)	AUBRY (M.)
Clinique stomatologique (Salpêtrière)	CERNEA (P.)
Clinique urologique (Cochin)	ABOULKER (P.)
- (Necker)	COUVELAIRE (R.)

C. - PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM.

Anatomie	GILLOT (Cl.)
Anatomie pathologique	GOUYGOU (Ch.)
Bactériologie	CHRISTOL (D.)
Bactériologie	LE MINOR (L.)

	MM.
	(CARTIER (P.)
Biochimie médicale	(GONNARD (P.)
	(NORDMANN (J.)
Chirurgie	CERBONNET (G.)
	(BESSIS (M.)
Hématologie	(BILSKI-PASQUIER (G.)
	(BLANCHER (G.)
Hygiène	(CORRE-HURST (Mme L.)
	(CECCAL (P.)
Médecine légale	(HADENGUE (A.)
	(FOURNIER (E.)
Médecine générale	AUSSANNAIRE (M.)
Maladies infectieuses	DUPONT (V.)
Neuro-psychiatrie	TARDIEU (G.)
Pédiatrie	ROSSIER (A.)
	(COURSAGET (J.)
Physique médicale	(GREMY (F.)
	(PELLERIN (P.)
	(DURAND (J.)
Physiologie	(GIRARD (Fr.)
	(HUGELIN (A.)
Stomatologie	CHAPÛT (Mme A.)
Pharmacologie	SCHMITT (H.)

D. - PROFESSEURS DETACHÉS
DANS LES UNIVERSITÉS ÉTRANGÈRES

MM.

Pathologie chirurgicale.....RUDLER (J.) Pr. s. ch.

E. - PROFESSEURS ASSOCIÉS

MM.

Hormonologie	MORICARD (R.)
Statistique médicale et épidémiolo- gie	SCHWARTZ (D.)
Néphrologie	MAXWELL (M.)

Secrétaire général de la FacultéM. LENA (J.)

Conseiller administratifMlle CHAINTREUIL (G.)

Conservateur en Chef de la)

Bibliothèque,)

Conservateur du Musée).....M. le Docteur HAHN (A.)

d'Histoire de la Médecine)

Conservateurs) Mme FORGET (F.),

) Mlles DUMAITRE (P.),

) LAURENT (H.),

) LE NOIR (G.)

Bibliothécaires(Mme CONTET (J.),

(Mlles DUROZOY (M.-F.),

(ROBERGE (D.),

(LE QUANG LINH (G.),

(REUGE (M.)

Par délibération en date du 9 décembre 1798,
l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les
dissertations qui lui seront présentées, doivent
être considérées comme propres à leurs auteurs et
qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni
improbation.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR Ch. DEBRAY

Professeur de Clinique d'Hydrologie et de Climatologie
de la Faculté de Médecine de Paris

Médecin de l'Hôpital Bichat

Qui nous a fait le grand honneur
d'accepter la présidence de cette
thèse.

Nous lui exprimons notre respec-
tueuse reconnaissance et notre
plus profond respect.

A Monsieur le Professeur François BESANÇON

Professeur Agrégé de Médecine Interne
Gastro-entérologie

Médecin de l'Hôpital Lariboisière

Pour l'accueil qu'il nous a
réservé et l'aide indispensable
qu'il nous a apportée.

A Monsieur Theodor SCHWENK

Herrischried - Stutzhof (Allemagne)

Inventeur de la méthode dite :
TROPFENBILD-METHODE

En hommage à son travail.
Pour l'accueil qu'il nous a fait,
et la contribution au travail des
expériences.

A l'Institut für Strömungswissenschaften
à Herrischried.

Qu'il veuille trouver ici le témoi-
gnage de notre reconnaissance et
l'assurance de notre respectueux
attachement.

Au Goetheanum - Dornach (Suisse)

Freie Hochschule für Geisteswissenschaften

En remerciement de sa contribution
à l'élargissement de nos connaissances.

UNE MÉTHODE NOUVELLE EN HYDROLOGIE :
LA PHOTOGRAPHIE DE L'IMPACT DES GOUTTES.
APPLICATION AUX EAUX THERMALES FRANÇAISES.

INTRODUCTION

Le présent travail est consacré à l'exposé et à l'étude d'une nouvelle méthode d'investigation dans le domaine de l'hydrologie.

Il s'agit d'une méthode assez récente et très peu connue en France, qui a été mise au point par Theodor SCHWENK, de l'Institut "für Strömungswissenschaften" à Herrischried, en Forêt-Noire. Nous avons eu la possibilité, grâce à l'accueil bienveillant et compréhensif que nous a réservé Monsieur SCHWENK, de nous familiariser avec cette méthode, dont la valeur scientifique et les applications pratiques nous ont paru être d'une réelle portée dans le domaine de l'hydrologie. Le principe en est le suivant : cette méthode, rigoureusement optique, s'attache à l'étude des variations des formes de mouvement qu'engendre à son point d'impact une goutte tombant sur une surface plane. On obtient ainsi une caractéristique propre à chaque eau étudiée, caractéristique qui elle-même est fonction d'éléments fort divers et qui, somme toute, exprime une synthèse de l'action simultanée de ces divers éléments.

Il nous faudra donc, avant même d'aborder la description et l'étude de la méthode, donner quelques précisions sur les surfaces internes de l'eau et sur leur expression dans les formes de mouvement.

Nous décrirons alors l'appareillage utilisé et sa manipulation, afin de donner une idée aussi exacte que possible de la technique, et aussi de ses difficultés, puisqu'il s'agit d'opérer, dans des conditions toujours identiques et comparables entre elles, afin d'obtenir des résultats utilisables.

Nous avons pu appliquer la méthode à quelques sources therma-

les françaises, et les résultats obtenus par son inventeur et son équipe de chercheurs ont pu être ainsi retrouvés et confirmés. Des images analogues, voire identiques, ont été obtenues avec des eaux de provenance éloignée ou proche, mais d'effets thérapeutiques identiques, indépendamment de leur composition physico-chimique.

L'étude des photographies de l'impact des gouttes offre donc un champ d'exploration très vaste, qui d'ailleurs semble déborder du domaine de l'hydrologie.

Les résultats obtenus, les conditions pratiques de l'application de la méthode nous permettront de discuter des possibilités et aussi des limites de la technique.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, nous voudrions exprimer ici, à Monsieur SCHWENK, nos sentiments de déférente gratitude, puisque c'est grâce à lui que nous avons pu réaliser les premières photographies d'eaux de sources thermales françaises : nul doute qu'elles n'éveillent, dans les milieux spécialisés, le plus vif intérêt.

HISTORIQUE

L'Institut "Für Strömungswissenschaften", fondé dans la Forêt-Noire méridionale en 1961, et dont le Directeur est Theodor SCHWENK, s'est donné pour tâche de s'efforcer d'assainir les eaux, dans l'intérêt d'ailleurs lié et de la nature et de l'homme. Son but premier est de revitaliser les eaux usées, épurées, que l'on est amené à redistribuer à la population. La méthode d'examen que nous allons exposer a été élaborée en vue de répondre aux besoins de cette tâche d'assainissement des eaux.

Les recherches préliminaires et la rédaction du livre "Le Chaos Sensible" (deuxième édition traduite en français et en anglais) remontent aux premières expériences réalisées par SCHWENK, au Centre d'Essais pour Turbines de la firme J.W. Voith, à Heidenheim, et également à neuf années de recherches et d'expérimentation à l'Aerodynamische Versuchsanstalt de Göttingen.

Pour la mise au point et les applications pratiques de la méthode, SCHWENK a bénéficié, après la guerre, d'une collaboration scientifique à la Valeda AG de Schwäbisch Gmünd, où sont étudiées en particulier les problèmes de la potentialisation médicamenteuse.

Actuellement, d'autres firmes, d'autres industries se sont intéressées à la méthode et participent au financement des recherches dans ce domaine.

Dans l'ouvrage intitulé "Bewegungsformen des Wassers", paru en 1967 aux Editions Freies Geistesleben, SCHWENK a donné un très bel aperçu de sa méthode. Richement illustré, ce livre représente

l'unique document dont nous disposons sur la question. On peut souhaiter que d'autres ouvrages plus spécialisés verront le jour, dans les années prochaines, pour le plus grand bénéfice des chercheurs intéressés par ces problèmes.

o
o o

La méthode de la photographie de l'impact des gouttes, ce qui correspond à l'expression allemande de l'auteur de "Tropfenbildmethode", ou encore "Schlierenmethode", doit sa découverte à la nécessité où l'on s'est trouvé d'étudier rapidement des substances liquides, notamment sous le rapport de leur qualité. On s'était demandé, d'une part s'il était possible d'apprécier la valeur qualitative des processus pharmacologiques, lors de la préparation des substances médicamenteuses ; d'autre part, si cette appréciation pouvait s'appliquer à l'eau, principal support de tout phénomène vital, et dont l'examen sous ce même rapport apparaissait nécessaire.

A partir de ce point de départ, on devait exiger de la nouvelle méthode :

- une grande sensibilité, jointe à une faible dispersion des résultats ;
- une facilité de reproduction, évitant des répétitions nombreuses ;
- une rapidité dans la réalisation des expériences ;
- des résultats rapidement disponibles ;
- un faible prix de revient.

SCHWENK, d'emblée, a renoncé à faire des expériences biologiques, qui auraient pris trop de temps avec cette méthode, et son choix s'est porté sur un programme purement physique.

- I -

LA MÉTHODE DE LA PHOTOGRAPHIE DE L'IMPACT DES GOUTTES

1/ - FORMES DE MOUVEMENT ET SURFACES INTERNES.

Quand on observe avec soin, on rencontre dans son entourage, de toutes parts, le phénomène de la genèse de surfaces internes. Toute substance, tout milieu forment avec les substances ou les milieux contigus des surfaces qui leur sont communes et qui les délimitent. Même au sein d'un seul et même milieu, il peut naître des surfaces internes, des "interfaces" : dans les solides, en raison des structures internes; dans les milieux mobiles - liquides et gaz -, en raison de différenciations diverses : différences de température, de solubilité, de densité, de viscosité, de vitesse. Dans un récipient contenant de l'huile et de l'eau, il se forme deux couches ; l'huile, plus légère, flotte sur l'eau dont elle se sépare par une surface nette.

La surface d'un lac est en réalité une "interface" entre l'eau et l'air plus léger qu'elle. Qu'intervienne un mouvement, par exemple un faible courant d'air, et la surface répond rythmiquement à l'excitation par de petites rides. Dans les phénomènes grandioses de la météorologie, il se forme de telles "interfaces" dans l'atmosphère, en raison de la confluence d'air chaud subtropical et "fronts" qui ondulent et s'enroulent rythmiquement. (DESSIN 1)



(1)

A toute différence, si minime soit-elle, à l'intérieur des milieux liquides et gazeux, répondent des interfaces mouvantes avec des formes de mouvement caractéristiques qui vont de l'onde au tourbillon enroulé (DESSINS 2 et 3 : chaîne tourbillonnaire de KARMAN).



Ainsi, des interfaces naissent toujours là où des milieux mobiles, doués de qualités différentes, se touchent et s'affrontent. La différence de vitesse peut être considérée comme une différence de qualité d'un genre spécial. Ces interfaces se font remarquer par une grande sensibilité à l'égard des plus petites interventions de l'environnement et elles y répondent par des formations rythmiques.

Comme nous l'avons dit, il naît des interfaces partout où des corps différents sont contigus, solide contre solide, solide contre liquide, liquide contre liquide, liquide contre gaz, mobile contre immobile, etc... Chacune de ces interfaces possède en général un état de tension qui lui est propre et que l'on peut mesurer. La plus connue est la tension superficielle d'une surface d'eau.

La tension superficielle mesurable d'une interface peut servir à déterminer la "qualité" de l'une des deux substances adjacentes ou des deux. Par exemple, de l'eau fraîche qui est agitée a une autre tension superficielle que de l'eau stagnante.

Pour déterminer la qualité d'une substance, on peut aussi considérer la mobilité des interfaces, cette mobilité étant souvent fonction de la tension superficielle. Alors, au lieu d'avoir un chiffre qui mesure la tension, on a une image qui la représente.

Donnons un exemple de ces formes mobiles : la genèse d'un anneau tourbillonnaire. Un peu comme le fumeur peut former un anneau de fumée, des formes circulaires naissent dans l'eau lorsque, dans une masse en repos, afflue une petite quantité d'eau courante qui provoque un choc liquide. Le DESSIN 4 rend schématiquement ce phénomène.



(4)

Quand on fait couler de l'eau goutte à goutte d'une hauteur modérée dans un liquide immobile, on voit apparaître une forme de mouvement. Quand l'eau est suffisamment profonde, il se forme le plus souvent un anneau tourbillonnaire qui tombe vers le fond du récipient. Quand l'eau est peu profonde, dans une coupe plate par exemple, la goutte qui tombe vient tout de suite heurter le fond de la coupe et s'y étale dans toutes les directions en donnant une figure étoilée. Nous expliquerons plus loin comment on peut rendre ces figures visibles dans de l'eau claire. Il ne naît pas ici une forme à trois dimensions mais une étoile plate, car la profondeur est trop réduite et la chute trop brève. Cet impact brutal empêche aussi la forme naissante de se développer harmonieusement en toutes directions, comme elle le fait lorsque l'anneau "plane".

Si maintenant, on fait tomber plusieurs gouttes successive-

ment, à des intervalles de temps égaux, chaque goutte engendre une image. Si toutes les gouttes tombent dans la coupe au même point, on pourrait supposer que les formes naissantes vont se superposer et se détruire ; il n'en est rien. Chaque nouvelle goutte engendre une nouvelle image bien nette qui modifie un peu les images préexistantes. Quand on fait une série assez longue, avec de l'eau distillée, on passe d'images simples à des images fortement et rythmiquement différenciées, enfin à des figures rayonnantes et fibrillaires. L'évolution d'une telle série est typique, toutes les autres conditions restant inchangées, et elle est reproductible.

Il s'agit, dans ces images, de phénomènes d'interfaces qui jouent entre le fond solide de la coupe et les deux liquides. Les images qui naissent sont, pour l'essentiel, de fidèles reflets des tensions superficielles que développent ces liquides entre eux et avec le fond solide, cela dans la mesure où n'interviennent pas notablement d'autres facteurs physiques ou chimiques tels que la viscosité, le pH, etc... On peut utiliser une série de ce genre pour déterminer la nature propre des liquides et éventuellement celle de leur substrat solide.

Cette méthode a l'avantage d'offrir une grande sensibilité et de nécessiter très peu de matériau. Des traces minimales d'impuretés, dissoutes par exemple dans une eau potable, peuvent altérer les tensions internes, ce qui se manifeste visiblement par la transformation des images étoilées.

Il va de soi que, dans l'hydrodynamique de ces images, toute une série de facteurs interviennent, tels que la viscosité, la densité, la nature chimique du liquide, la tension superficielle, la force d'adhésion, la mouillabilité, etc... C'est leur résultante qui s'exprime dans l'image obtenue. Celle-ci est donc synthétique, puisqu'elle résume tous les facteurs qui agissent dans le liquide.

II/ - PRINCIPE DE LA MÉTHODE. *****

Les surfaces internes, dans les liquides en mouvement, créent des situations sensibles, c'est-à-dire qu'elles réagissent visiblement aux actions les plus subtiles de l'environnement. Par là, ces phénomènes se prêtent tout naturellement à la détection des qualités impondérables.

Dès 1923, Rudolf STEINER avait signalé ce genre de possibilités à L. KOLISKO. Pour élaborer la méthode, cette première indication fut reprise.

On aurait pu supposer, de prime abord, que lors de ces chutes de gouttes dans un liquide, il se formerait des ondes circulaires à l'exclusion de toute autre forme dans la couche ébranlée par le choc et que ces ondes annihileraient toute autre genèse d'images. En outre, même s'il naissait des formes, restait le problème de les rendre visibles dans de l'eau claire. Au départ, il n'y a aucun contraste entre les deux milieux, et aucune possibilité de voir des formes.

Mais la pratique a montré que les formes provoquées par la chute des gouttes naissent sous les ondes. Il fallait donc trouver un procédé pour provoquer un effet de contraste qui rende visibles les formes naissantes et atténue en même temps, si possible, la formation d'ondes.

Quand une goutte tombe dans un liquide, elle engendre des mouvements et des courants subtils : l'eau elle-même crée des interfaces en raison des différences de vitesse, et ces interfaces sont de véritables "organes sensibles" qui se laissent modeler par la nature spécifique du milieu.

Ces interfaces ont la particularité - dans la mesure où elles résultent de différences de densité - de dévier la lumière incidente;

de ce fait, elles "ressortent" et deviennent visibles. Il a été tiré parti de cette propriété ; il suffisait de reprendre une méthode bien connue qui permet de rendre visibles les moindres différences de densité dans les milieux translucides (verre). C'est la méthode strioscopique de Toepler. Le milieu est éclairé par une lumière dirigée et l'on capte sur un écran (pellicule photographique), grâce à un dispositif optique particulier, les veines liquides (interfaces) dans les cas où il s'en forme.

Il était donc nécessaire de provoquer artificiellement, dans le liquide, des différences de densité aptes à dévier la lumière : cela peut se faire en ajoutant au liquide une quantité connue, toujours la même, d'une substance réfringente. Quand on ajoute ainsi un réfringent - glycérine, solution sucrée ou salée - à l'eau d'une coupe, en le mélangeant d'une façon tout à fait homogène, les formes qui résultent de la chute des gouttes dans cette eau deviennent visibles sous forme d'inhomogénéités optiques. Ces stries ou traînées se forment quand l'eau pure des gouttes, moins dense, entre en contact avec le liquide plus dense contenu dans la coupe. De plus, le réfringent - s'il s'agit de glycérine - en raison de sa viscosité, amortit fortement les ondes qui s'effacent au bout de peu d'instants. Les formes intéressantes engendrées sous la surface peuvent ainsi être observées et photographiées.

Pour réaliser ces expériences, il faut un appareillage spécial, décrit ci-après.

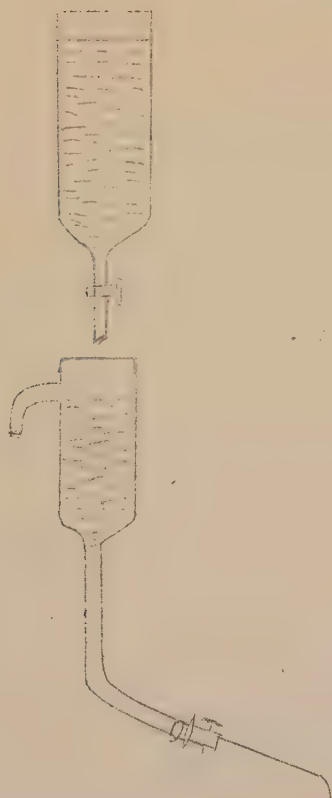
III/ - APPAREILLAGE ET MANIPULATION.

Les expériences effectuées par cette méthode nécessitent :

- 1- un appareil émetteur de gouttes ;
- 2- des coupes dont le fond soit sans défaut optique et, si possible, taillé en lame à faces parallèles ;
- 3- un dispositif optique pour éclairer et rendre visible le phénomène : l'installation strioscopique.

a)- L'APPAREIL ÉMETTEUR DE GOUTTES.

(5)



Pour obtenir les gouttes, on utilise une canule fine, par exemple une aiguille de seringue hypodermique, d'où les gouttes tombent dans la coupe. La canule est reliée à un réservoir. Pour obtenir une parfaite constance de la grosseur et de la fréquence des gouttes, il faut que le niveau d'eau dans le réservoir, donc la pression, soit maintenu constant. On y parvient aisément en munissant le réservoir d'un trop-plein qui limite la hauteur du liquide, tandis que l'eau s'écoulant continuellement d'un second réservoir l'empêche de baisser (DESSIN 5).

L'installation comporte donc deux réservoirs et la canule émettrice de gouttes. Le réservoir inférieur se termine par un embout portant un rodage cône sur lequel on peut fixer la canule. Celle-ci est recourbée et sa pointe est émoussée. On la dispose de telle façon que son orifice libre soit à la verticale du centre de la coupe et que la ligne de chute des gouttes se trouve dans l'axe optique du dispositif d'éclairage.

Lorsqu'on fait tomber des gouttes de liquide dans une faible couche d'eau, il se forme au fond de la coupe une image étoilée. On a constaté que, toutes conditions étant égales par ailleurs, les différences qualitatives des liquides fournissent des images différentes résultant du conflit entre le liquide égoutté et le liquide au repos, puis de l'impact sur le fond solide de la coupe. On peut en déduire deux possibilités pour l'étude des qualités d'un liquide :

1)- Le liquide à étudier tombe en gouttes dans une coupe contenant de l'eau pure distillée ;

2)- L'eau pure distillée tombe en gouttes dans une coupe contenant le liquide qu'on veut étudier.

La seconde disposition a l'avantage que l'appareil débitant les gouttes n'est alors parcouru que par de l'eau pure et qu'il ne se pose à son sujet aucun problème de nettoyage. Avec la première disposition, il faudrait nettoyer avec un soin très minutieux l'appareil à canule après chaque expérience, ce qui non seulement ferait perdre du temps mais encore serait très peu pratique. Cette difficulté disparaît avec la seconde disposition, étant donné que la coupe est très facile à nettoyer.

Ces expériences ont donc été faites avec de l'eau distillée s'égouttant dans une coupe contenant le liquide à étudier auquel on a ajouté une quantité donnée, toujours la même, de liquide réfringent. Les descriptions détaillées qu'on lira plus loin ne se rapportent qu'à ce second dispositif. Bien entendu, il se forme dans les deux cas des images tourbillonnaires qui sont caractéristiques des deux liquides en question.

La forme de ces images dépend de la hauteur d'où tombent les gouttes. D'ordinaire, pour obtenir des résultats comparables, on

choisit une hauteur une fois pour toutes. Mais en principe, il est possible d'introduire la hauteur de chute, à titre de paramètre, et de photographier des images correspondant à diverses hauteurs. Les expériences publiées ici ont été faites avec une hauteur de chute de cent millimètres.

Ce qui vient d'être dit de la hauteur de chute est aussi valable pour la fréquence des gouttes. Il est recommandé de la maintenir constante si l'on veut obtenir des résultats comparables entre eux. Dans les essais communiqués, les gouttes se succédaient toutes les cinq secondes. Cet intervalle de temps dépend du diamètre de la canule et de la pression due au niveau du liquide dans le réservoir inférieur.

Quand une goutte tombe dans la coupe, elle engendre la figure étoilée. Chacune des gouttes suivantes tombe sur l'image préexistante et en crée une nouvelle, également étoilée, dont le type est très semblable à celui de la précédente. Une succession trop rapide des gouttes troublerait le plein épanouissement de l'image précédente ; une succession trop lente allongerait inutilement la durée de l'expérience. Il faut cependant souligner que chaque goutte fournit une image nette et univoque et que les modifications du type d'image ne se font que très lentement, c'est-à-dire seulement après un assez grand nombre de gouttes.

Ce qui a été dit de la hauteur de chute est également valable pour la grosseur des gouttes. Pour obtenir des résultats reproductibles et comparables entre eux, on se décide pour une grosseur déterminée, à moins qu'on désire introduire cette grosseur, à titre de paramètre, dans les résultats.

LES COUPES -

Les coupes, d'environ 140 millimètres de diamètre, sont fabriquées à partir de verre sans défaut optique, taillé en plaque à faces parallèles et polie, qui constitue le fond sur lequel a été soudé un rebord circulaire d'environ 15 millimètres de haut. La position de la coupe doit être fixée de telle sorte qu'on puisse rapidement l'échanger contre une autre sans que son centrage soit modifié.

Pour cela, on se sert d'une plaque de support sur laquelle trois butées garantissent le centrage de la coupe. Un orifice circulaire au centre de la plaque permet le passage de la lumière. A l'aide de trois vis de réglage et d'un niveau d'eau, cette plaque peut être ajustée très exactement à l'horizontale. La coupe, de son côté, repose sur la plaque par trois points.

Les coupes sont fréquemment nettoyées par un jet de vapeur, ce qui les chauffe localement ; elles doivent donc être suffisamment insensibles à des températures allant jusqu'à 120° C., c'est-à-dire qu'elles ne doivent pas se fausser, ce qui altérerait leurs propriétés optiques. Dans ce but, on a choisi le verre "DURAN", à cause de sa résistance mécanique et chimique.

Le nettoyage des coupes se fait sous eau pure courante, en les frottant avec un morceau toujours neuf de papier-filtre ; puis, on les rince plusieurs fois à l'eau distillée. Ensuite, l'intérieur des coupes est passé pendant plusieurs minutes au jet de vapeur, rincé deux fois à l'eau distillée ; enfin, la coupe est séchée à l'air à l'abri de toute poussière.

On évite strictement de se servir, pour le nettoyage et le séchage, de linges ou de chiffons, car leur propreté ne peut pas être suffisamment garantie. On emploie du papier-filtre, toujours neuf. Bien entendu, il faut proscrire tous les détergents ou autres produits de nettoyage et de rinçage. L'expérience a montré qu'il est judicieux de mouiller rapidement les coupes, deux heures avant l'expérience, par une humidité relative de l'air de 65 à 70 %, avec de l'eau distillée et de les laisser sécher à l'air. De ce fait, toutes les coupes se trouvent dans les conditions de départ identiques en ce qui concerne le degré de mouillage, ce qui est indispensable si l'on veut comparer entre eux les résultats expérimentaux.

Le mouillage ou humidification se fait en recouvrant complètement d'eau distillée le fond de la coupe pendant deux minutes. Aussitôt après, on vide la coupe et on la met debout. L'eau résiduelle qui s'accumule au bord inférieur est vidée et les derniers restes sont enlevés avec du papier-filtre.

On se demandera peut-être à quoi sert ce mouillage préalable des coupes, étant donné que, de toute manière, elles seront mouillées par le liquide de l'expérience. Mais il est bien connu que, dans tous les phénomènes d'interfaces entre un liquide et un solide, l'état de la surface solide joue un grand rôle. Les surfaces solides possèdent, elles aussi, une tension superficielle. Toutes les coupes utilisées dans une expérience doivent donc posséder, au départ, le même état de surface. Quand on les mouille deux heures avant l'expérience, on arrive à un état "stationnaire" qui se maintient pendant un certain temps, suffisant pour la durée de cette expérience.

Pour voir combien cette pratique du mouillage est nécessaire, on compare deux coupes, dont l'une a été mouillée deux heures avant l'expérience et l'autre non. La différence est facile à constater. Il est donc impossible d'employer simultanément, pour une expérience, une coupe qui a été exposée à l'air depuis plusieurs jours et une autre qui a été mouillée quelques heures auparavant.

Il faut se représenter que, lorsqu'on mouille le verre, une pellicule liquide extrêmement mince reste adsorbée au fond et persiste très longtemps. En outre, le mouillage préalable permet de réutiliser, deux heures plus tard, les coupes qu'on vient d'employer, sans avoir à les faire sécher complètement, ce qui prendrait des heures. Le séchage en étuve n'a pas donné de bons résultats, sans compter qu'il faudrait pas mal de temps pour que les coupes reprennent la température du laboratoire.

L'humidité de l'air ambiant joue un rôle, en ce sens que, lorsque l'air est sec (50 à 60 % d'humidité relative), le temps d'attente entre le mouillage et l'expérience peut être réduit à une heure ou une heure et demie. Une régulation du taux d'humidité de l'air est à conseiller, lorsqu'elle peut se faire sans provoquer trop de courants d'air.

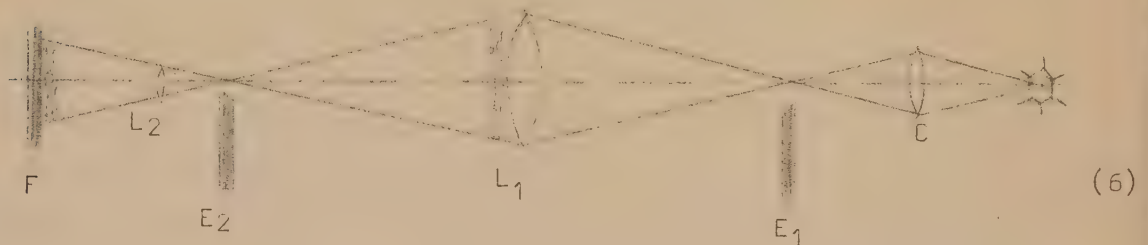
Quand on fait l'expérience aussitôt après le mouillage et sans séchage à l'air, les images ont tendance à devenir floues. L'optimum consiste à mouiller la coupe deux heures avant l'expérience. On a ainsi un moyen terme entre deux extrêmes, coupe trop sèche et coupe

trop mouillée. En conséquence, les images obtenues auront aussi une bonne valeur moyenne.

b)- L'INSTALLATION OPTIQUE D'APRÈS LA MÉTHODE STRIOSCOPIQUE DE TOEPLER

Comme cela a déjà été signalé, une installation optique spéciale est nécessaire pour rendre visibles les formes engendrées par les gouttes. Pour cela, on s'est servi du procédé strioscopique de Toepler, dont le montage optique légèrement modifié permet de révéler avec une grande exactitude les inégalités de forme dans les liquides.

Le principe repose sur le fait que les stries qui constituent la figure formée par la goutte dévient la lumière qui passe, ce dont on profite pour obtenir une image par un montage optique approprié. Pour des raisons de clarté, on décrira tout d'abord le montage original de Toepler (DESSIN 6), puis le dispositif modifié en vue de cette étude.



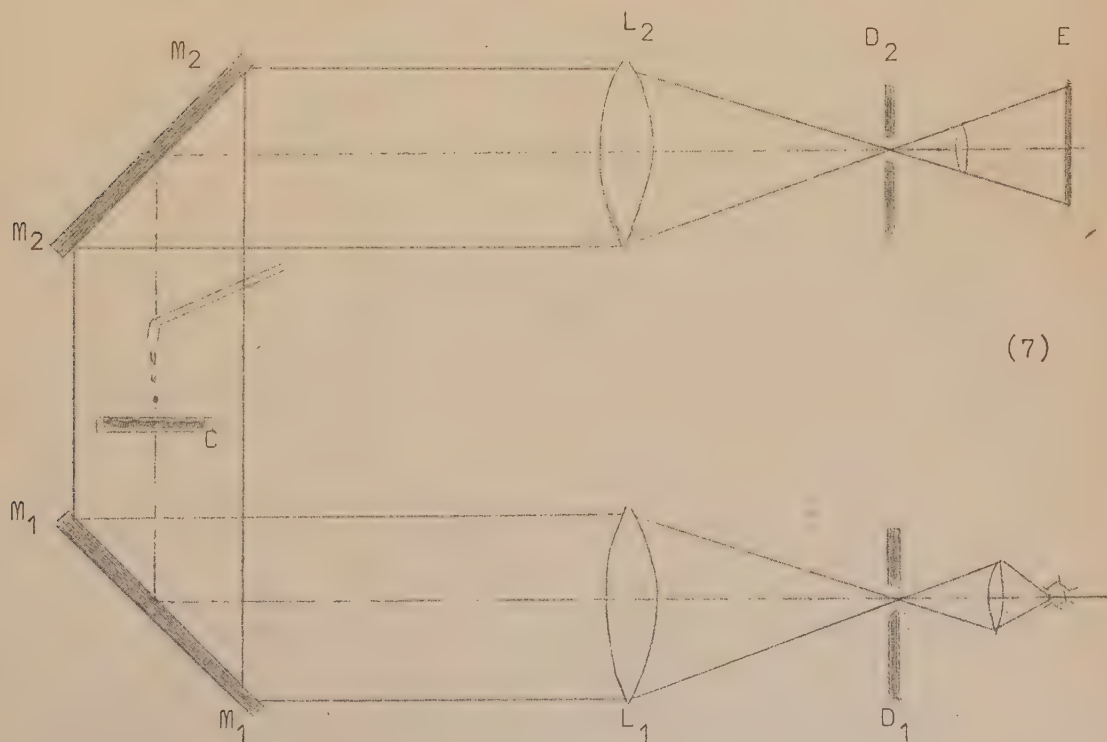
La lumière issue d'une source lumineuse est concentrée par un condensateur en une petite tache dont un écran (E_1) à arête rectiligne élimine une partie de la lumière sur les bords. À l'aide d'une lentille bien corrigée (L_1), l'image de la tache sera projetée sur un deuxième écran (E_2), à arête rectiligne parallèle à l'arête correspondante de E_1 . Il importe que les bords des deux écrans soient bien parallèles. L'arête de E_2 est disposée de façon à ne laisser passer qu'un faible rayon lumineux.

Si derrière la lentille L_1 se trouve une zone de stries d'inhomogénéités optiques, provoquées par exemple par l'air chaud

d'une bougie allumée, la lumière qui traverse cette zone sera déviée dans différentes directions. Certains rayons seront déviés vers le bas, d'autres vers le haut. On comprendra donc que les parties du faisceau ainsi dévié au-dessus du bord de l'écran E_2 viendront s'ajouter au faisceau lumineux qui passe ; par contre, celles qui sont déviées vers le bas se soustrairont ; de sorte que, dans ce sens, peu ou pas de lumière passera au-dessus de E_2 .

En projetant une image de l'objet générateur de stries à l'aide d'une deuxième lentille L_2 sur un écran ou une pellicule photographique F , cette image fera apparaître en clair les parties de l'objet déviant les rayons vers le haut, en sombre celles déviant les rayons vers le bas. De cette façon, on obtient une image bien contrastée des stries.

Le principe strioscopique de Toepler, adapté à notre cas pour la mise en évidence des images de gouttes, donnera le montage du DESSIN 7.



Au lieu des écrans à bords rectilignes, il est utilisé des diaphragmes circulaires réglables qui coupent la lumière de tous les côtés. Le premier diaphragme D_1 se trouve placé au foyer de la lentille L_1 , ce qui fait que la lumière deviendra parallèle. Une deuxième lentille L_2 bien corrigée rassemblera la lumière sur le deuxième diaphragme D_2 qui sera placé en son foyer. Pour agrandir l'image des stries, on placera entre le diaphragme D_2 et l'écran E d'autres lentilles non représentées ici. On comprend facilement que la sensibilité de ce dispositif augmentera avec la distance focale des lentilles L_1 et L_2 . Une grande distance focale permet de révéler de toutes petites diffractions, du fait que, sur ce long parcours, elles peuvent s'agrandir. Comme de très bonnes lentilles à grande distance focale sont très coûteuses, on utilise quelquefois à leur place des miroirs concaves.

Comme la coupe (C) contenant l'eau doit être traversée par des rayons qui lui sont perpendiculaires, il est nécessaire de dévier la lumière de 90° , au moyen d'un miroir (M_1). Après son passage à travers la coupe, la lumière doit être dirigée sur la deuxième lentille, à grande distance focale. Un deuxième miroir (M_2) doit donc être incorporé au système. Pour ne pas trop allonger le chemin optique, il est recommandé de placer la deuxième lentille L_2 à peu près au-dessus de la première L_1 ; autrement dit : la lumière revient parallèlement à la première partie de son parcours. Cette disposition a l'avantage que, pour une même longueur de chemin optique, il ne faut que la moitié de la place. Les coupes se trouvent donc entre les deux miroirs inclinés à 45° et disposés de telle façon que le faisceau lumineux traverse la coupe à la verticale.

Lors de l'ajustement de l'installation optique, il faut veiller à ce que la ligne de chute des gouttes soit exactement dans l'axe optique, qui lui-même doit être exactement vertical. Par ailleurs, l'installation correspond en tous points à celle de Toepler.

Il est maintenant possible de modifier l'ensemble du dispositif optique, de telle sorte qu'au lieu d'une image claire avec des stries sombres, on obtienne une image sombre avec des stries claires

(images sur fond sombre). Cette disposition a l'avantage que certaines particularités, notamment de la zone centrale de l'image de la goutte, sont mieux mises en évidence. Dans les clichés sur fond clair, les zones périphériques ressortent mieux et c'est ce qu'on a surtout cherché à faire dans l'ensemble des clichés de cette étude.

c)- L'ÉCLAIRAGE.

Comme source de lumière, on utilise une lampe ponctuelle de 70 ou de 100 watts installée dans une boîte, afin d'éliminer la lumière latérale. Pour éviter la concentration des rayons calorifiques, il est recommandé de placer devant la lampe un filtre de chaleur.

d)- ADJONCTION DE SUBSTANCES RÉFRINGENTES.

Pour mettre en évidence les surfaces internes existant dans les liquides en mouvement, il faut ajouter à ces liquides une petite quantité de substance réfringente dont la densité diffère un peu de la leur. En principe, conviennent à cet usage des substances solubles chimiquement neutres et capables d'amortir les ondes qui se forment lors de la chute des gouttes. Après de nombreux essais, avec diverses solutions salines ou sucrées, on a trouvé que la glycérine était, à tous points de vue, préférable. Des stries parfaitement visibles se forment même dans des solutions très diluées, quand des gouttes y tombent. Bien entendu, les formes des stries sont physiquement influencées par la viscosité de la glycérine. Il est donc nécessaire de normaliser la quantité additionnée au point de vue viscosité et densité, afin d'avoir au départ toujours les mêmes conditions physiques (même chiffre de Reynolds).

Dans cette méthode, il ne devrait jamais intervenir d'influences dues à des réactions chimiques grossières.

La glycérine a donné toute satisfaction en tant que substance réfringente additionnelle. Au point de vue chimique, c'est un tri-alcool stable qui s'oppose à la fermentation ; miscible à l'eau en toutes proportions, il est stable dans les limites de température de nos expériences. Sa grande viscosité est particulièrement précieuse pour nos expériences, car elle atténue beaucoup la formation d'ondes dans la coupe. Un inconvénient relatif consiste dans ses propriétés hygroscopiques dont on doit tenir compte, en ce sens qu'il ne faut jamais la laisser au contact de l'air. Pour avoir des résultats exactement reproductibles, il faut employer un mélange de glycérine et d'eau à proportions normalisées, toujours les mêmes. Ce mélange doit être fraîchement préparé avant chaque expérience. Le mélange optimal de glycérine et d'eau dépend du rapport de la hauteur de chute des gouttes avec le diamètre des coupes et l'épaisseur de la couche liquide qu'elles contiennent. Dans notre cas, pour une hauteur de chute de 100 millimètres et un diamètre des coupes de 140 millimètres, un mélange de 17,5 ml du liquide à étudier et de 2,5 ml de glycérine (soit une couche d'environ 1,3 mm d'épaisseur) a donné de bons résultats. On emploie de la glycérine bidistillée 1,23 DAB 6.

e)- PHOTOGRAPHIE.

Pour photographier les images, on utilise une caméra réflexe petit format, judicieusement placée sur le banc optique. A l'aide d'un miroir semi-transparent, il est possible de dévier une partie du faisceau et d'observer l'image en direct sur un écran, même pendant la prise de vue photographique.

On a intérêt à utiliser une pellicule à grain très fin (film pour documents), afin de pouvoir faire des agrandissements suffisamment importants. Comme on ne photographie qu'une fois que les trains d'ondes sont amortis, il suffit d'un temps de pose de $1/25^{\text{me}}$ à $1/50^{\text{me}}$ de seconde.

Les résultats de cette méthode ne sont utilisables que si l'on photographie toujours les mêmes séries de gouttes : par exemple, les 4^{me}, 5^{me}, 8^{me}, 9^{me}, 12^{me}, 13^{me}, 16^{me}, 17^{me} gouttes, etc... Comme il sera expliqué plus loin, il est recommandé de photographier toujours deux gouttes qui se suivent. On ne peut évidemment comparer entre elles que les images obtenues avec la même goutte, c'est-à-dire la 4^{me} avec une 4^{me} goutte, la 12^{me} avec une 12^{me} goutte, etc.

Il importe aussi que chaque série d'expériences et la pellicule correspondante soient numérotées et accompagnées d'un plan de travail où l'on inscrira la provenance de l'eau, la date et l'heure de l'expérience, le numéro de la coupe utilisée et du récipient de mélange.

f)- TEMPÉRATURE ET HUMIDITÉ DE L'AIR.

Ces deux conditions doivent être contrôlées continuellement et inscrites dans le procès-verbal de l'essai. Il faut veiller à ce que la température et l'humidité de l'air ambiant soient maintenues entre certaines limites. En général, pour la durée d'une série d'essais, on y parvient sans régulation spéciale. Si l'on peut, par une régulation appropriée, maintenir constantes la température et l'humidité de l'air ambiant, cela facilite très notablement l'interprétation des résultats, car alors on n'a plus besoin d'en tenir compte.

g)- DURÉE DES EXPÉRIENCES.

L'expérience proprement dite ne nécessite qu'une durée de 5 minutes entre le moment où l'on verse le liquide dans la coupe et celui où l'on achève la prise photographique. La préparation (mouillage de la coupe, échantillonnage) dure plus longtemps. Mais on peut aller plus vite quand on examine un grand nombre de coupes

les unes après les autres. Avec un peu d'habitude, on arrive parfaitement à examiner environ 12 échantillons en 4 heures, y compris le contrôle de l'eau, la préparation, le nettoyage des coupes et des récipients servant aux mélanges. Il faut y ajouter naturellement le temps nécessaire au développement des pellicules photographiques.

Un contrôle de l'eau doit avoir lieu au début de chaque expérience ou série d'expériences et si possible à la fin. Ce contrôle permet, en effet, à l'observateur expérimenté de reconnaître immédiatement si le type de l'image sera "normal" ou si des influences troublantes se sont produites. Dans de nombreux domaines, il est tout naturel de tenir compte de facteurs de ce genre, par exemple dans la technique de la radio, où l'on examine l'état de la ionosphère pour la réception des ondes courtes.

Pour le contrôle de l'eau, on emploie de l'eau distillée. L'eau des canalisations urbaines ou celle des sources ont des compositions variables et ne sont donc pas appropriées. De même, on emploie toujours de l'eau distillée quand il s'agit de diluer les liquides qu'on veut étudier.

Dans le réservoir à gouttes, on ne mettra également que de l'eau distillée, afin que toutes les gouttes soient faites d'une eau de même qualité. Cela est indispensable pour l'interprétation des images.

On peut se demander si l'eau distillée est le milieu bien approprié à des recherches sur les liquides. L'opinion générale est que cette eau est "morte" en comparaison de l'eau fraîche des sources. Mais pour nos expériences, la pureté et la neutralité de l'eau distillée ont des avantages : cette eau, sans aucun corps étranger, n'étant "orientée" dans aucune direction et ne possédant aucune nature particulière, se laisse déterminer par toute influence venant du dehors. Elle peut donc servir dans toutes les expériences, même celles qui visent à rechercher les qualités biologiques. Mais il va de soi que lorsqu'on examine des échantillons d'eau potable sous le rapport de leurs qualités biologiques, on n'y ajoute pas d'eau distillée, à moins qu'on veuille faire systématiquement des séries de

dilutions. En principe, on pourrait utiliser, dans le réservoir à gouttes, la même eau potable que celle qui est examinée dans la coupe, mais cela obligerait à nettoyer l'appareil à canule après chaque essai, ce qui prendrait beaucoup de temps.

h)- REPÉTITION AVEC DES CONCENTRATIONS DIFFÉRENTES.

Pour avoir une idée juste de la nature et de la qualité du liquide que l'on veut étudier, il est recommandé de faire des séries d'expériences avec des concentrations différentes. On a constaté qu'il existe des optima de concentration, c'est-à-dire des concentrations qui mettent plus nettement en relief les caractéristiques cherchées.

IV/ - CONDUITE D'UNE ANALYSE

SELON LA METHODE DES GOUTTES SENSIBLES

Etant donné que tous les processus faisant intervenir des interfaces réagissent avec une grande sensibilité à des influences extérieures, il est indispensable de fixer d'avance, jusque dans les moindres détails, le déroulement de l'expérience. Autrement dit : la suite des opérations et leur exécution doivent être exactement les mêmes pour toutes les expériences. De même, les différentes phases de la préparation et de l'essai proprement dit doivent être prévues sous la forme d'un emploi du temps précis où les durées ne varieront jamais. Il est recommandé d'établir un tel emploi du temps, d'après lequel on fera toutes les expériences. Lorsqu'on respecte cette règle jusque dans les détails, fussent-ils insignifiants en apparence, on peut compter sur une bonne reproductibilité. Il n'y a de restrictions à faire à ce sujet que lorsque interviennent des variations extérieures qu'on ne peut pas influencer.

Dans ce qui suit, il est donné l'exemple d'un emploi du temps qui a fait ses preuves dans ce domaine de recherches :

1°)- Deux heures avant le début de l'expérience, mouiller les coupes avec de l'eau distillée pendant deux minutes, vider et mettre les coupes debout. Eponger le reste de l'eau qui s'est accumulée entre le fond et le rebord avec un morceau de papier-filtre. Sécher à l'air, protéger contre les poussières.

2°)- Une heure avant le début de l'opération : ajouter de la glycérine au liquide à étudier en mélangeant bien. Pour des coupes d'environ 140 millimètres de diamètre, il faut 20 ml de mélange : 17,5 ml de liquide et 2,5 ml de glycérine. Comme récipient à mélange

on se sert de fioles coniques en verre Duran à bouchons rodés, d'une contenance de 50 ml. Ces fioles seront numérotées, ainsi que les coupes. Pour mesurer les quantités de liquide, on emploie des burettes ou des pipettes graduées. Le mélange du liquide à étudier et de la glycérine est préparé une heure avant l'examen proprement dit, parce que l'expérience a montré que ce mélange subit un faible processus de vieillissement qui atteint, au bout d'une heure, un état assez stationnaire pour qu'aucun changement notable ne se produise plus pendant la durée de l'essai. Cependant, il n'est pas conseillé d'employer des mélanges ayant séjourné longtemps. Pour ces séries d'essais, on refait le mélange à neuf, une heure avant chaque essai. Le mélange du liquide avec la glycérine doit se faire en balançant lentement le récipient, tout en veillant à ce que ce mouvement soit effectué de la même façon avec chaque échantillon.

3°- Préparer le procès-verbal de l'essai : date, objet de l'essai, numéro, heure du mouillage des coupes, heure du glycériage des échantillons, heure de l'expérience, coupe n° ..., fiole n° ..., ordre et succession des gouttes photographiées.

4°- Inscription sur une petite plaque de verre que l'on photographie en même temps que toutes les dates concernant l'essai.

5°- Deux minutes et demie avant le début de l'expérience : verser le liquide dans la coupe en l'y répartissant uniformément dans un léger balancement. Le laisser reposer.

6°- A l'instant de l'expérience : allumer l'éclairage, ouvrir les robinets à gouttes des deux réservoirs, observer le phénomène sur le verre dépoli de la caméra et prendre le cliché.

7°- Rédiger le procès-verbal de l'essai. Observations particulières.

8°- Après la fin des expériences : pré-rinçage des coupes à l'eau courante en les frottant avec du papier-filtre ; rincer ensuite deux fois à l'eau distillée, passer au jet de vapeur, rincer encore deux fois à l'eau distillée et mettre les coupes à sécher debout. Vider et rincer les fioles à mélanges, les passer à la vapeur dans une étuve, les rincer deux fois à l'eau distillée, faire

sécher en position renversée.

Ce plan de travail est valable pour chaque coupe. En le respectant, on peut effectuer autant d'essais successifs que l'on voudra. Mais il faut bien veiller à ce que chaque coupe soit mouillée environ deux heures avant le début de l'essai proprement dit et que les mélanges de glycérine et de liquide à étudier, pour chaque coupe, soient bien prêts environ une heure avant l'essai.

- II -

R É S U L T A T S D E L A M É T H O D E

A - [,] RESULTATS DE DIVERSES ORIENTATIONS DES RECHERCHES DE Th. SCHWENK.

Le programme des recherches faites depuis de nombreuses années par l'équipe de Th. SCHWENK est centré principalement sur l'étude des effets des substances. Nous donnerons ici un bref aperçu des résultats rapportés dans son ouvrage.

- La valeur d'une eau peut être fortement influencée par le récipient qui la contient.

Une eau étant restée une journée en contact avec un bouchon de caoutchouc naturel ne donne plus la même image de l'impact de la goutte que la même eau n'ayant pas eu ce contact.

- La méthode peut différencier une eau pure de la même eau mélangée dans la proportion de 1 p. 1.000 à de l'alcool à 90°.
- La méthode est sensible à l'influence de divers traitements sur des substances végétales pharmaceutiques. La tyndallisation ne modifie que très peu l'image de l'impact de la goutte.
- La méthode se prête également à l'étude de substances pharmaceutiques à hautes dilutions. C'est un domaine qui a été très étudié par SCHWENK et qui fera certainement l'objet de publications spécialisées.

Les images du point d'impact que l'on peut obtenir avec des dilutions en dixième décimale de plantes telles que l'arnica, la belladone, le tabac, sont dissemblables. Là aussi, les résultats sont reproductibles. Le matériel initial a été préparé sans adjonction d'alcool, avec un même type de dilution rythmique.

- L'observation des phénomènes de vieillissement dans les sucs végétaux frais a été particulièrement instructive.

A partir d'une plante, on obtient un suc frais et on l'examine dans une dilution déterminée, d'abord immédiatement, puis à des intervalles de temps précis, calculés à partir du moment du pressage. La modification des images obtenues va dans le sens d'une diminution progressive avec affaiblissement et finalement extinction des formes au cours du vieillissement.

- Les recherches dans le domaine biologique, par l'examen des liquides organiques, sont en cours. Il est donc prématuré d'en parler ici ; d'ailleurs, ces recherches soulèvent de nombreux problèmes, dont la dilution souvent nécessaire n'est qu'un des aspects.

- L'Institut actuellement s'attache plus particulièrement à la question des eaux potables ; de nombreuses eaux d'adduction ont été examinées, des échantillons d'eau ont été prélevés le long de certains cours d'eau. Les eaux polluées des villages et des villes provoquent des modifications dans l'eau des rivières. Par contre, de longues tranches de parcours sans pollution, l'arrivée d'affluents purs régénèrent la qualité de l'eau.

Toute cette "biographie" peut être objectivée par la méthode de la photographie de l'impact des gouttes. L'ouvrage de SCHWENK, déjà cité, "Bewegungsformen des Wassers", est admirablement illustré d'images obtenues par la méthode avec des eaux de sources thermales allemandes.

Le lecteur intéressé par ces questions et qui voudrait bien s'y reporter comprendra combien a été vif le désir qui nous a incité à exposer cette méthode dans les possibilités de son application dans le cadre de l'hydrologie.

B - ÉTUDE PAR LA MÉTHODE OPTIQUE

DE S C H W E N K

DES EAUX DE QUELQUES SOURCES THERMALES FRANÇAISES.

Toutes les eaux thermales françaises qui ont été soumises à l'expérimentation ont été captées dans des conditions rigoureusement identiques. Pour ce faire, nous avons utilisé des flacons neufs, en matière plastique, hermétiquement fermés, sortant de l'usine. Ces flacons ont été ouverts pour la première fois à l'instant même du captage, et refermés immédiatement après que celui-ci ait été terminé.

Les eaux captées ont été conservées pendant trois semaines au frais et à l'abri de la lumière. Leur examen a été effectué à la même date, avec la même méthode.

C'est donc des images d'eaux vieilles que nous avons obtenues. Ces eaux ne contiennent plus leur gaz naturel, et certaines ont eu leur pH modifié. Une analyse chimique et physique les trouverait altérées.

Mais ce qui importait dans l'expérience était de savoir si ces eaux, de qualités différentes, après une période égale de vieillissement, dans des conditions identiques, allaient présenter des images d'impact différentes. Nous avons retenu, pour les comparer entre elles, les images de la treizième goutte.

1/- VICHY.

Les trois sources étudiées ont été :

- CHOMEL,
- GRANDE-GRILLE,
- LUCAS.

Ces sources naissent à quelques mètres de distance les unes des autres.

Elles ont pratiquement la même composition chimique.

Elles présentent cependant des propriétés thérapeutiques différentes.

Les images de ces sources sont bien différenciées : CHOMEL a une image foliaire, alors que GRANDE-GRILLE a une image ramifiée. Quant à LUCAS, son image montre une assez curieuse association de ces deux tendances, mais l'image est plus diluée, moins nette dans ses contours. Les formes qui caractérisent les deux premières sources ne se juxtaposent pas dans l'image de l'eau de la source LUCAS, mais sont nettement séparées par un diamètre coupant l'image en deux.

	CHOMEL	GRANDE-GRILLE	LUCAS
<u>Résidu sec</u>	5053,0	5033,0	5172,0
Anions) CO_3H	4750,0	4720,0	4633,0
(Cl	349,8	348,0	368,0
) SO_4	190,6	189,7	187,0
Cations) Ca^{++}	106,6	105,0	136,0
(Mg^{++}	11,0	11,0	10,0
) K^+	96,8	95,2	125,0
(Na^+	1901,0	1889,0	1785,0
Non ionisé SiO_2	61,1	60,4	41,0
Radio-activité	0,782	0,624	0,29

2/- PLOMBIERES (La Savonneuse)
CHATELGUYON (Gubler II).

Les images de l'impact de la goutte de ces deux sources sont pratiquement identiques. Dans la zone périphérique, il existe un anneau circulaire très légèrement festonné. Or, CHATELGUYON et PLOMBIERES sont des sources à composition chimique différente, mais à tropisme thérapeutique sensiblement identique.

Il est intéressant de comparer ces images à celle de l'eau du Puits Perrière de LA BOURBOULE. A première vue, elles se ressemblent étrangement. Pourtant, si on regarde de plus près l'image de la

source de La Bourboule, on constate qu'elle est plus mouvementée avec, entre autres, un anneau circulaire largement festonné.

	PLOMBIERES, (Savonneuse)	CHÂTELGUYON (Gubler II)
Résidu sec	153,1	5079,0
Anions		
(CO_3H_-	37,2	2363,0
) Cl_-	4,5	291,5
(SO_4^{--}	26,4	1758,0
Cations		
(Ca^{++}	8,8	599,4
) Mg^{++}	1,7	342,2
(K^+	3,2	84,0
) Na^+	27,7	767,8
Non ionisé SiO_2	39,7	108,0
Autres éléments	Fe, As	Li, Sr, Fe, Mn, As, RA

3/- MONT-DORE : La Source des Chanteurs.

LA BOURBOULE : Puits Perrière.

Les eaux de ces deux sources naissent dans une même zone de terrain volcanique. De composition chimique et d'action thérapeutique différentes, elles donnent deux images bien dissemblables, l'une radiée, l'autre avec une foliation très ramassée.

	BOURBOULE (Puits Perrière)	MONT-DORE (Source des Chanteurs)
Résidu sec	5000,5	1460,0
Anions ($\text{CO}_3\text{H}-$	1740,0	1028,0
) $\text{Cl}-$	1908,0	216,0
(SO_4--	137,7	39,0
Cations (Ca^{++}	42,5	86,0
) Mg^{++}	12,4	33,0
(Na^+	1823,5	358,0
) K^+	100,1	39,0
Non ionisé SiO_2	112,8	173,0
Autres éléments	Fe, As, Li	Fe, As

4/- ROYAT : Source Eugénie.

BAINS-LES-BAINS : Source de la Vache.

Les deux sources ont des images sensiblement identiques, en aster, avec une frange périphérique délicatement ondulée. Ces deux sources sont de composition chimique différente, mais ont des affinités thérapeutiques.

	ROYAT (Eugénie)	BAINS-LES-BAINS (La Vache)
Résidu sec	4001,1	370,0
Anions ($\text{CO}_3\text{H}-$	1465,0	166,0
) $\text{Cl}-$	396,0	97,8
(SO_4--	60,3	
Cations (Ca^{++}	181,6	28,5
) Mg^{++}	73,7	Traces
(K^+	55,7	24,9
) Na^+	432,2	104,0
Non ionisé SiO_2	81,5	70,0
Autres éléments	Fe, As, CO_2	Fe, Al

5/- LUXEUIL : Les Dames.

L'eau de la source des Dames donne une image de point d'impact de la goutte qui n'est pratiquement ni festonnée, ni radiée, ni foliaire, mais qui est cernée à sa périphérie par un large ourlet non échancré.

- III -

D I S C U S S I O N D E L A M É T H O D E

A l'analyse de cette nouvelle méthode, un certain nombre de points se dégagent, sous la forme de questions auxquelles nous allons nous efforcer de répondre.

* *

1 - LES RESULTATS SONT-ILS VRAIMENT REPRODUCTIBLES ?

Poser cette question, revient finalement à se demander si l'image d'une treizième goutte sera toujours semblable à l'image d'une treizième goutte obtenue avec la même eau et avec un montage identique.

D'emblée, nous pouvons répondre par l'affirmative.

Encore faut-il bien préciser que si les images sont identiques entre elles, elles ne le sont pas rigoureusement. Nous nous expliquons :

Certes, on retrouvera l'ensemble de la foliature, avec les mêmes caractères morphologiques ; mais il ne faut pas s'attendre à découvrir sur chaque nouvelle image et à une même place donnée, la même particularité : une feuille bifide, par exemple.

On a donc affaire à des images typées suffisamment caractéristiques pour qu'on puisse les reconnaître entre elles. Ces images peuvent être comparées à des fleurs. De même qu'il est possible de reconnaître une pâquerette d'une marguerite, de même il y a un type d'image que l'on obtient pour une goutte donnée. Il y a, pour cela, des détails fondamentaux qui réapparaissent pour chaque nouvelle expérience et qui donnent tout le caractère typologique de l'image de point d'impact.

2 - EST-ON BIEN SÛR QUE SI LES EXPÉRIENCES SONT REPRODUCTIBLES,
ELLES NE SONT PAS ENTÂCHÉES DE MULTIPLES POSSIBILITÉS D'ERREURS ?

L'important est de travailler toujours avec les mêmes erreurs si nous voulons comparer les images entre elles.

Voici quelques indications pratiques complémentaires pour la préparation, la réalisation et l'interprétation des expériences.

Il est très important que les échantillons à étudier soient tous contenus dans une même sorte de récipients. On a constaté qu'il y a, entre les différentes sortes de verre, des différences qui peuvent se manifester dans les images des gouttes. En aucun cas, il ne faut employer des flacons à bouchons ou à anneaux de caoutchouc. Etant donné que le nettoyage des flacons déjà utilisés est compliqué, il est recommandé d'employer des flacons neufs, sortant de la fabrique et n'ayant jamais été en contact avec un détergent. Il faut veiller à ce que les flacons ne soient préalablement rincés qu'avec le liquide à étudier.

Pendant les expériences, il faut éviter soigneusement tout mouvement de l'air dans le laboratoire, provoqué par des déplacements rapides du personnel, des portes s'ouvrant ou se fermant vite, etc... Il faut aussi éviter, pendant la durée des expériences, les ébranlements et les effets rythmiques et arrêter les moteurs dans le voisinage. Dans une méthode de tests aussi sensible, il va de soi que la fumée, etc., peut influencer beaucoup sur les résultats.

Pour l'interprétation, on fait généralement des agrandissements photographiques sur papier. On peut abréger la durée des travaux en chambre noire en examinant directement les pellicules dans un négatoscope. Si l'on a choisi l'éclairage sur fond sombre, on obtient sur la pellicule une image qui correspond au positif de l'agrandissement sur papier. Il est bien connu que l'examen des pellicules par transparence permet de mieux voir leurs détails que les photographies sur papier. Que l'on songe aux diagnostics établis d'après les clichés des radiographies.

Pour la prise du cliché, il n'est pas nécessaire de prendre

toute la série des essais, de la première à la trentième goutte, par exemple, sans en omettre aucune, car les changements de forme se font très lentement. Il suffit de photographier certaines gouttes, à des intervalles de temps déterminés. Mais il est nécessaire de photographier dans chaque série les gouttes portant les mêmes numéros d'ordre, afin d'avoir ensuite de bonnes possibilités de comparaison. On a eu toute satisfaction en photographiant les gouttes numérotées 4, 5, 8, 9, 12, 13, 16, 17, 20, 25, 30.

On remarquera que, dans la série de gouttes indiquée ci-dessus, il y en a qui se succèdent deux par deux : 4 et 5, 8 et 9, etc..., mais cela seulement dans les 17 premières gouttes. L'expérience a montré que, bien souvent, les images les plus accentuées et les plus faibles alternent. Ceci s'explique de la façon suivante : on pourrait croire tout d'abord que l'une des gouttes tombant dans une forme étoilée déjà existante s'y étend en "utilisant" le dessin déjà esquissé ; mais ce n'est pas le cas. La seconde goutte s'insinue dans les "vides" de l'étoile préexistante. Si donc on trouve une goutte faiblement dessinée, l'étoile suivante pourra l'être un peu plus nettement, et inversement, une étoile très bien formée sera suivie par une autre qui l'est moins. C'est pourquoi l'on photographie et interprète les gouttes deux par deux.

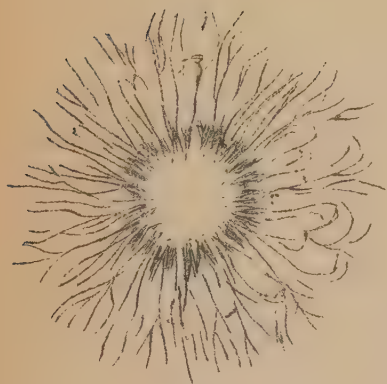
Lorsqu'on s'est décidé pour un certain schéma d'une série de gouttes, cette même série sera reproduite sur chaque bande de pellicule. Si l'on dispose toutes les bandes les unes sur les autres - de préférence sur un panneau-éclairé - en suivant le numérotage des gouttes, on fait sans peine les comparaisons désirées. Il va de soi qu'il faut comparer entre elles les gouttes portant le même numéro d'ordre.

Pour l'interprétation, le point de vue dépend en général du genre de la recherche et des problèmes particuliers qui se posent. Quelques indications générales peuvent être données, grâce auxquelles chacun pourra se créer une sorte de "standard" pour ses travaux.

Si nous partons du milieu neutre qu'est l'eau, nous constatons que, dans une série de 30 gouttes, trois domaines se dessinent,

comportant des formes typiques. Dans le domaine des numéros inférieurs, prédominent des formes étoilées légères avec des feuilles à tiges (FIGURE 11). Dans le domaine des numéros moyens, les formes sont notablement plus larges, ce qui donne une figure à feuilles serrées (FIGURE 12). Pour les numéros plus élevés, on n'a plus finalement que des rayons allant du centre à la périphérie de l'image (FIGURE 13).

Ces dernières formes sont de plus en plus déterminées par les lois physiques qui régissent le mélange de l'eau avec la solution glycinée ; sur le pourtour, les rayons tendent à former des ramifications. Ce genre de formation n'apparaît normalement, avec



(11)



(12)



(13)

l'eau pure, qu'à partir des gouttes portant des numéros d'ordre élevé . Si on les trouve dans le domaine des gouttes portant des numéros d'ordre inférieur , on doit en déduire qu'auparavant déjà, des lois physiques ont prédominé dès le début de l'expérience, ce qui permet certaines conclusions concernant les propriétés du matériau examiné. Mais il peut aussi arriver qu'au contraire, les formes de feuilles prédominent même pour les gouttes à numéro d'ordre élevé, s'opposant ainsi aux dites lois physiques. Toutes ces formes ne peuvent, en aucun cas, être expliquées - comme on serait tenté de le faire - par une augmentation de la dilution résultant de la chute

des gouttes d'eau.

Déjà l'image de la goutte sensible présente, à elle seule, trois domaines distincts. Au centre de l'image, il existe en général un mouvement intense dû à la chute des gouttes, de sorte que la lumière y est fortement déviée et que cette zone moyenne paraît sombre. Cependant, dans certains cas, on peut discerner dans cette zone centrale une structure bien nette qui est particulièrement visible quand on utilise l'éclairage sur fond sombre. Lorsqu'on se sert de lentilles à courte distance focale, cette zone centrale de l'image s'éclaire aussi, parce que la déviation de la lumière n'est pas aussi grande quand le faisceau lumineux atteint la deuxième lentille. A la périphérie de l'image, le liquide mouvant s'infiltré dans du liquide immobile. S'il s'agit de gouttes à numéro d'ordre élevé, il se forme des dentelures. Mais, selon la substance étudiée, il peut n'y avoir aucune forme dans cette zone. La région moyenne de l'image présente aussi des formes intermédiaires entre celles de la périphérie et celles du centre.

Il est important d'observer où se trouve le "centre de gravité" de la constitution des formes dans ces trois zones et quels sont les éléments formels qui ressortent pour chacune d'elles. L'affaiblissement ou l'extinction des formes dans l'une des zones est très instructif. Ceci vaut aussi bien pour les trois zones de chaque image que pour les trois domaines de toute la série des gouttes. Quand on compare entre eux ces aspects dans les trois zones d'une image et dans les trois phases d'une série, il en résulte des éléments d'information très intéressants.

Après de nombreux examens, on a pu constater que la succession d'images engendrées par l'eau représente une sorte de prototype pour les liquides.

De même que l'eau occupe parmi les liquides une position moyenne idéale, elle occupe également cette position moyenne idéale dans les séries des images de gouttes sensibles. De ce fait, elle fournit un critère pouvant servir à caractériser les autres liquides. Ainsi, il y a des substances liquides qui donnent des formes

radiées dès la première phase. Par contre, des extraits de fleurs peuvent conserver des formes foliaires jusque dans la phase à numéros élevés.

3 - EXISTE-T-IL UN MOYEN DE CONTRÔLE PERMETTANT DE VÉRIFIER
LA CONSTANCE DES CONDITIONS STANDARDS EXIGÉES
AU MOMENT DE RÉALISER LES EXPÉRIENCES ?

Pour que le travail soit à l'abri de tout reproche, il faut s'assurer sans cesse à nouveau que toutes les coupes utilisées fournissent bien l'image standard eau distillée sur eau distillée.

Si l'on retrouve cette image témoin, l'on peut être sûr que le montage optique n'a pas subi de distorsion, que les coupes offrent le degré de propreté exigé, et qu'enfin nous expérimentons finalement bien dans les mêmes conditions.

4 - QUE FAUT-IL PENSER DES INFLUENCES COSMIQUES
COMME ÉLÉMENT PERTURBATEUR DES RÉSULTATS ?

Cette composante perturbatrice n'est pas seulement un élément de curiosité, mais une préoccupation quotidienne pour ceux qui mettent au point cette méthode. Voici ce qu'en dit SCHWENK :

"Tout au long de nos expériences, nous avons remarqué que, "dans l'eau pure, sans aucune adjonction matérielle, certains changements apparaissent par moments dans l'image de la goutte sensible. "Dans ces cas-là, on ne peut plus parler d'une action matérielle ; "il faut donc qu'il s'agisse d'influences venant de l'environnement "proche ou lointain. Etant donné que, pendant les séries d'expériences, l'humidité de l'air, la température, etc..., sont constantes, "on est obligé de penser à d'autres influences pouvant causer ces "changements spontanés.

"Après avoir contrôlé et soumis à la critique un grand nombre

"d'expériences, on peut dire avec certitude que ces effets spontanés, apparaissant dans de l'eau pure, sont dus à des influences émanant de la périphérie planétaire, cela dans la mesure où les facteurs physiques terrestres peuvent être radicalement exclus.

"Des changements de ce genre surviennent lorsque ont lieu dans le ciel certaines configurations. En général, les positions des astres et leurs mouvements sont dans un état d'équilibre mobile. Corrélativement, l'image de la goutte sensible d'eau pure est alors d'un type "normal". Ce type normal est cependant affecté, au cours de plusieurs mois, par des modifications minimales, qui correspondent au changement très lent de l'aspect global du ciel. Etant donné la lenteur de ce changement et sa continuité, il n'a guère d'effet sur les images pendant la brève durée de nos séries d'expériences, d'autant plus que nous refaisons sans cesse les contrôles qui nous font connaître le type normal de l'eau au jour et à l'heure de l'expérience.

"Des changements brusques et spontanés dans cette fluctuation lente et faible du type normal de l'eau signalent certains états de tension particuliers qui affectent l'harmonie du système planétaire. Des tensions de ce genre se produisent lorsque plusieurs planètes sont rassemblées dans une région du ciel et qu'il y a conjonction, éclipse, passage de l'une devant l'autre ou au contraire qu'elles se trouvent dans un éloignement maximum, c'est-à-dire en opposition.

"Ces états de tension sont momentanés et généralement de brève durée ; ils deviennent visibles dans le changement spontané des formes de mouvement dans les images de la goutte.

"Outre les positions stellaires que nous venons de citer (conjonctions, oppositions), on peut constater dans les images des effets dus à d'autres rapports de position entre les astres, tels que quadratures, trigones, etc...

"Toutes les expériences visant à mettre en évidence l'action des configurations célestes ont été effectuées avec de l'eau distillée : eau distillée s'égouttant sans de l'eau distillée.

"On peut naturellement se demander pourquoi nous employons de

"l'eau distillée pour mettre en évidence les forces provenant du
"Cosmos, étant donné que cette eau est, en général, considérée comme
"morte". C'est que l'eau distillée n'est déterminée dans aucun
"sens ; étant absolument neutre, elle est ouverte à toutes les
"influences. Nous nous sommes décidés à la choisir en nous appuyant
"sur une longue expérience, car, lorsqu'on emploie de l'eau de sour-
"ce, on risque toujours que sa composition ait été récemment modifié
"par exemple par d'abondantes chutes de pluie. Il y a pourtant des
"eaux de source qui réagissent plus fortement que l'eau distillée à
"certaines influences cosmiques.

"Les exemples donnés montrent que, pendant la durée d'une
"configuration planétaire, les expériences concernant les qualités
"d'une substance ne fournissent pas des renseignements absolument
"sûrs. Des effets trompeurs peuvent éventuellement apparaître à ces
"moments-là. C'est pourquoi, nous l'avons dit, il faut toujours
"effectuer un contrôle de l'eau avant l'expérience et, si possible,
"après. Ce contrôle permet de voir immédiatement s'il est judicieux
"d'entreprendre à ce moment-là une recherche sur des qualités. En
"respectant cette règle, on réduit la marge d'erreur à un minimum."

Les perturbations sont particulièrement nettement visibles
lors des éclipses. Pendant l'obscurcissement, les formes foliaires
s'effacent de plus en plus et, peu après l'éclipse, il y a extinction
totale des formes. La disparition complète des formes après une
éclipse peut être brève ou durer des heures. L'exemple choisi parmi
d'autres dans son livre "Bewegungsformen des Wassers" est celui de
l'éclipse du 30-31 Mai 1965. Si l'on se rend compte que cette
éclipse n'était visible que de la région du Pacifique sud et que,
par conséquent, il faisait nuit au lieu d'observation, on peut dédui-
re de cette disparition des formes que la terre et ses enveloppes
constituent un seul grand organisme dans lequel chaque point est
relié à tous les autres.

5 - LA CINÉMATOGRAPHIE PRÉSENTE-T-ELLE UN INTÉRÊT REEL DANS L'INTERPRÉTATION DES FORMES ?

Une forme naît, se développe, régresse, puis disparaît. Les images qui individualisent une phase du mouvement de ces formes ne sont finalement que des instantanés.

Plus intéressante est l'étude dynamique des formes en mouvement. Cette étude peut être facilitée par un film passé au ralenti. Est-ce à dire que ce procédé, qui a permis de décomposer exactement les phases du trot d'un cheval, permettra de mieux connaître la genèse des formes de l'eau ? Oui, certainement. Mais il s'agira alors de diagnostics d'inspection, d'évaluation, qui, pour autant qu'ils soient utiles, restent très subjectifs.

Inutile de dire que l'appréciation de ce film, si intéressant qu'il soit, ne pourra être bien valorisée que par des personnes ayant une grande habitude de cette analyse visuelle. Le diagnostic par cinématographie se codifie difficilement, bien que l'on puisse parler de célérité, de prédominance d'une phase par rapport à l'autre (phase d'expansion et phase de concentration) et de toutes sortes d'autres détails.

Le temps où se développent ces formes est suffisant pour que les images obtenues au cours des expériences, projetées directement, puissent être observées sur un petit écran par l'expérimentateur.

C'est d'ailleurs ainsi que l'on procède avant même de passer au temps photographique ; et cela permet d'avoir instantanément une appréciation de la qualité de l'expérimentation.

Ce n'est qu'après ce premier arbitrage que l'on passe à la photographie du processus. Un des avènements de la méthode est donc sûrement la cinématographie.

6 - QUE REVELENT LES IMAGES OBTENUES ?

Les images que l'on obtient sont celles des mouvements inter-

nes de l'eau dans les conditions expérimentales décrites plus haut. Les formes d'un liquide en mouvement correspondent à l'image immédiate de la structure dynamique de ce liquide. Cette structure dynamique ne dépend pas d'un seul facteur, comme la viscosité, mais de très nombreux facteurs, physiques, chimiques et autres. Parmi les facteurs qui échappent couramment à l'analyse de l'eau, notons, entre autres, celui des rapports et des configurations moléculaires au sein même de l'eau. L'eau n'est pas seulement H_2O , mais un élément extrêmement plus complexe.

L'image de l'impact de la goutte est certainement la résultante de l'interaction d'un ensemble de facteurs.

7 - CETTE MÉTHODE EST-ELLE ANALYTIQUE,
ET N'AVONS-NOUS PAS PLUTÔT AFFAIRE À UNE SYNTHÈSE, ET PEUT-ELLE
NOUS DONNER DES RENSEIGNEMENTS SUR LA NATURE DES EAUX ?

Cette méthode peut surprendre, car nous avons pris l'habitude de découvrir la structure de la nature en la décomposant. Ainsi, de la cellule nous sommes arrivés à la molécule et de la molécule à l'atome. Pour connaître davantage, nous sommes, par la méthode analytique, obligés de détruire. C'est une critique fondamentale que l'on a le droit de faire à l'égard des recherches scientifiques analytiques. Ces dernières estiment que les éléments constitutifs d'un milieu peuvent, à eux seuls, en expliquer le fonctionnement et les caractéristiques quantitatives et qualitatives. L'aspect extérieur, la morphologie d'un être vivant même simple, telle une amibe, ne renseigne au fait que très peu sur son essence et sa physiologie. Cependant, il existe un ensemble de méthodes modernes qui, bien que se targuant d'être analytiques, n'ont finalement de valeur que par leur aspect synthétique. Ainsi, des méthodes d'investigation, comme la morphologie ou la graphologie, bien qu'ayant une sous-structure analytique, ne sont valables finalement que grâce à un mécanisme de comparaison, de sommation, de valorisa-

tion et de synthèse.

Chaque eau s'exprime peut-être par une morphologie propre, un monde de formes particulier, une écriture fluide particulière. Qui sait ? Les formes des mouvements internes de l'eau, monde qui nous est pratiquement encore inconnu, car mal étudié, pourront apporter peut-être un champ d'exploration fort intéressant.

Les travaux publiés en 1967 se sont continués depuis. Cette méthode, qui recherche des nuances qualitatives grâce à l'étude, dans certaines conditions standards, des formes de l'eau en mouvement, réclame un fondement analytique.

Monsieur SCHWENK et son équipe se sont, pour ce faire, attachés à rechercher si certaines dilutions de minéraux ou de minéraloïdes ne donnaient pas d'images typiques. Il semble, d'après ce que j'ai pu savoir lors de mes entretiens avec M. SCHWENK, en Décembre 1968, que ces expériences qui se continuent actuellement sont très positives. En d'autres termes, il existerait des images typiques pour certaines substances minérales. A certaines dilutions, certaines eaux contenant ces substances peuvent révéler à l'état pur, dans leur image, les formes ainsi individualisées. Ce n'est de loin pas toujours le cas. Ainsi, si nous avons parlé d'une écriture fluide de l'eau, nous pouvons parler déjà de la possibilité d'individualiser quelques lettres de cette écriture. Aucune publication récente n'a fait l'objet des résultats de cette nouvelle orientation des recherches.

Actuellement, M. SCHWENK s'attache aux vérifications des expériences, ces observations empiriques étant un travail de bénédictin.

Soulignons encore une fois le caractère propre aux images. Chaque image est une expression synthétique de l'état général d'un liquide, tel qu'il résulte de l'action conjuguée de tous les facteurs en cause, tandis que la méthode analytique décompose un liquide en ses différents constituants et isole ses diverses propriétés physiques et chimiques. La méthode de la goutte résume tout cela et rend visible sa constitution d'ensemble. Les facteurs en

cause sont les interfaces, la viscosité, la densité, l'adhérence, le potentiel oxydo-réducteur, le pH, la tension superficielle, les propriétés chimiques et d'autres encore.

Mais soulignons bien que M. SCHWENK ne donne pas d'interprétation détaillée des images ; il ne se propose que d'exposer la méthode elle-même dans ses publications. Celui qui la mettra en pratique trouvera, en peu de temps, les points de vue nécessaires pour établir des diagnostics dans son propre secteur de recherches.

Dans la pratique, on voit toujours réapparaître certaines images typiques fondamentales qui peuvent varier plus ou moins selon le matériau sur lequel on expérimente. Ce sont ces variations qu'il faut observer exactement pour pouvoir caractériser les structures dynamiques particulières.

Le prototype de tous les liquides, c'est l'eau pure. Les formes qu'elle fournit dans l'expérimentation occupent une place moyenne idéale, à l'occasion de laquelle on peut exercer sa faculté d'observation, d'après laquelle on peut s'orienter toujours à nouveau. Les images de l'eau pure, dans des conditions normales, ne



prennent jamais des caractères extrêmes, ni dans un sens, ni dans un autre. Parmi les types d'images que fournissent des liquides de diverses sortes, on trouve toutes les transitions entre des formes simplement annulaires et des formes rayonnées et comme pétrifiées. L'eau, quand elle est saine et pure, n'atteint aucun de ces extrêmes.

Les types fondamentaux s'étendent donc, pour les liquides aqueux, depuis les formations annulaires (FIGURE 8), jusqu'aux formes stellaires radiées (FIGURE 10), en passant par les formes foliaires (FIGURE 9).

Entre ces trois types, il y a d'innombrables formes intermédiaires : des anneaux peuvent, par exemple, porter des ébauches de formes foliaires ; des formes foliaires peuvent se transformer en rayons.

Pour nous résumer, cette méthode, bien que pouvant avoir une sous-structure analytique, reste une méthode synthétique : un goûteur d'eau éprouve le goût global d'une eau sortant d'une usine de filtration, tout dépendant de sa qualification en la matière. C'est son jugement d'ensemble qui fixe une certaine valeur qualitative de la boisson. Cela ne diminue en rien l'importance incontestable d'une vraie analyse là où elle est à sa place. En effet, une eau bactériologiquement souillée peut donner une image très belle et qui ne laisse rien suspecter. Il ne faut donc pas demander à une méthode plus qu'elle ne peut donner.

8 - ROLE DE LA VISCOSITÉ.

Une question légitime est celle de l'influence sur les images de la viscosité des matériaux étudiés. Car cette propriété physique joue, avec la densité, un rôle décisif dans tous les phénomènes hydrodynamiques.

Il est très naturel que les liquides très visqueux, peu dilués, inhibent la formation d'étoiles et ne laissent plus apparaître que des formes annulaires. Dans de tels cas, il est particulièrement indiqué de faire des séries avec différents degrés de dilution. Et d'ailleurs, dans tous les cas où une propriété physique ou chimique est déterminante, on a avantage à effectuer des séries de métamorphoses, en diluant progressivement, et par degrés.

De telles séries sont toujours très instructives pour ce qui est des changements de forme accompagnant l'augmentation de la dilution. Plus le degré de dilution est élevé, moins les forces accessoires, la viscosité, par exemple, se manifestent, et plus, en revanche, un élément de la structure intime des formes apparaît au premier

plan. Pour chaque matériau étudié, il existe un optimum de dilution qui est nettement mis en évidence par de telles séries.

En réalité, toute série de gouttes présente déjà en soi une série rythmique de dilutions dont les formes permettent de dire s'il est nécessaire de faire, en outre, d'autres séries de dilutions.

Des propriétés aussi importantes que la viscosité doivent naturellement être prises en considération. Il est également recommandé de considérer la valeur du pH de chaque matériau et d'effectuer à ce sujet encore des séries de dilutions.

Nous avons déjà évoqué précédemment, à maintes reprises, la question de certains types fondamentaux d'images. Dans le détail des images, ces types fondamentaux sont altérés par de subtiles variations qui donnent une autre possibilité d'apprécier les qualités des liquides. Ces possibilités sont nombreuses et varient naturellement selon les substances.

La complexité structurale de l'eau ne résulte pas seulement de la variété de la composition des isotopes d' H_2O , mais aussi de la présence de polymères de l'eau : les polyhydroles.

Ils expliquent notamment que l'eau se dilate à la congélation.

Il n'est pas exclu que la méthode de la photographie de la plaque de la goutte rapporte un jour des informations de caractères analytiques sur la distribution de ces polyhydroles dans les diverses variétés d'eau.

9 - ROLE DE LA RADIO-ACTIVITE.

Une question qu'on pose toujours est celle de l'examen de substances radio-actives. Par principe, nous avons renoncé à ce type d'examen, pour lequel il faudrait des installations spéciales, très onéreuses.

- IV -

I N T E R Ê T D E L A M É T H O D E

On peut se demander pourquoi une étude au moyen des gouttes s'impose encore, à côté des nombreuses méthodes électrolytiques, chimiques et autres.

Par rapport à des analyses longues et complexes, cette méthode donne immédiatement une vue d'ensemble sur la structure dynamique de l'eau considérée. Il faut se rappeler que ni l'analyse chimique, ni l'examen bactériologique ne sont capables de donner un tableau de l'action conjuguée de tous les éléments et facteurs en jeu. C'est en ce sens que la méthode de l'impact des gouttes pourrait être précieuse : complétant les autres méthodes, elle donnerait des informations sur la qualité de l'eau.

Dans bien des grands centres urbains, on s'aperçoit de plus en plus nettement que la prétendue innocuité hygiénique de l'eau potable ne suffit pas toujours à faire de cette eau une boisson agréable. La population lui préfère très souvent l'eau minérale en bouteilles. C'est que les deux sortes classiques d'analyse, si elles donnent des informations importantes sur l'état d'une eau d'adduction, se bornent néanmoins à des indications négatives : une eau est considérée comme potable du point de vue hygiénique, quand elle ne contient pas certaines matières ni certaines bactéries, ce qui n'apprend strictement rien sur les qualités de cette eau du point de vue thérapeutique. Et c'est justement ce que l'on tente de rechercher par la méthode des gouttes.

Une autre méthode très simple aussi, qui pourrait nous donner une idée de la nature d'une eau au point de vue biologique, consisterait à faire germer, à égalité de luminosité et de minéraux, des grains de blé sélectionnés. La croissance de ces grains de blé, grâce aux diverses eaux, donne des résultats intéressants. Mais cette méthode d'analyse biologique, basée sur l'étude du facteur croissance induit par diverses eaux dans des conditions expérimentales rigoureusement identiques, est cependant très lente.

En ce qui concerne les sources thermales, a-t-on des indications précises, et ce domaine a-t-il été étudié à l'Institut ?

Qu'il nous soit permis de rappeler que l'objectif principal de l'Institut "für Strömungs-Wissenschaften" de Herrischried est de rechercher - et de trouver - des moyens modernes capables de rendre aux eaux usées toute leur valeur. Pour cela, il fallait mettre au point des méthodes aptes à donner des renseignements véritablement qualitatifs. Sans se disperser ni se perdre dans des travaux spéculatifs, SCHWENK a cependant colligé, à l'heure actuelle, un grand nombre d'images de sources thermales.

Très pris dans d'autres domaines, SCHWENK souhaiterait qu'un chercheur prenne en mains toute cette activité de recherches, qui pourrait être fort utile pour la connaissance des eaux dites thermales.

La lecture attentive de l'ouvrage de SCHWENK, très bien illustré, montre d'emblée que des sources à composition minérale différente peuvent donner à l'occasion des images très semblables : ce qui confirme ce qui a été dit plus haut, à savoir que ces images fournissent une vue synthétique de l'état dynamique de l'eau étudié. Etat dynamique qui peut être très semblable, alors que les analyses chimiques ont donné des résultats différents. On voit donc que la nouvelle méthode permet d'embrasser l'accord vivant de tous les facteurs, au nombre desquels il y a lieu de compter, par exemple, le mode de captation de l'eau. Il n'est peut-être pas utile, dans ces conditions, de souligner que le substrat géologique d'une source contribue à déterminer sa nature dynamique. Les examens faits avec des eaux thermales françaises ont permis, nous l'avons vu, de faire des constatations analogues.

La méthode de l'impact de la goutte, qui n'en est qu'à ses débuts, permettra-t-elle de mettre en évidence, tout au moins en images, ces mystérieux agents curatifs des sources thermales, connus, d'abord empiriquement, depuis la plus haute Antiquité, mais qui, à notre époque scientifique, ne se laissent toujours pas enfermer dans une analyse matérielle ? Nous pouvons l'espérer. Une source fraîche

est réellement une source de vie, scientifiquement et symboliquement. Elle est douée d'une force particulière, évanouie en quelques heures, par degrés. Son pouvoir maximal se situe au moment même où l'eau jaillit au griffon. La pratique des cures thermales ne repose-t-elle pas finalement sur cette notion ?

Une dernière question se pose : Toutes les sources thermales peuvent-elles donner des images nettes ?

Une source thermale très salée ne donnera qu'une image très concentrée qui n'offrira aucun intérêt véritable. Il faudrait, dans ce cas-là, diluer de telles eaux, et cela strictement avec la même méthode. Dans son ouvrage "Bewegungsformen des Wassers", SCHWENK soulève ce problème en donnant l'image d'une eau hypersaline non diluée (Bad Rappenau 20° goutte) :

Il serait enfin tentant de comparer les images obtenues avec les eaux thermales et leurs indications médicales. Est-on en droit de le faire ?

Dans l'état actuel des recherches, il semble qu'il faille répondre par la négative. Pour résoudre ce problème, il faudrait une liste beaucoup plus longue de résultats obtenus avec des eaux thermales.

Les quelques eaux thermales françaises que nous avons eu la bonne fortune de pouvoir faire analyser dans le laboratoire de SCHWENK nous ayant agréablement surpris, nous pensons qu'il ne serait pas sans intérêt de poursuivre les applications de cette méthode, dont l'avenir nous dira la valeur.

Pour notre part, nous espérons avoir fait oeuvre utile, dans ce travail d'avant-garde, en faisant connaître l'existence de la méthode et en attirant l'attention d'éventuels chercheurs susceptibles de s'y intéresser

C O N C L U S I O N S

I - Nous avons eu la bonne fortune de pouvoir nous familiariser avec une méthode nouvelle, mise au point par Th. SCHWENK, de l'Institut für Strömungs-Wissenschaften à Herrischried (Forêt-Noire), permettant de déterminer des qualités de substances liquides et, entre autres indications, d'étudier les eaux thermales. Pensant que son application à quelques eaux thermales françaises offrait un réel intérêt, nous avons consacré le présent travail à la technique et aux résultats de la méthode.

II - La méthode est basée sur les faits d'observation suivants : chaque fois que des liquides entrent en contact avec d'autres milieux, même solides, il se crée des surfaces de contact ; de même, tout mouvement intérieur d'un liquide engendre des surfaces internes, ou interfaces, qui, par leur mouvement et leur forme, mettent en évidence des qualités de ces liquides. Les formes d'un liquide en mouvement donnent une image immédiate de la dynamique de ce liquide.

III - Un montage optique permet de photographier l'impact d'une goutte d'eau distillée tombant dans une couche mince du liquide à étudier. L'eau qui s'égoutte traverse la couche liquide inerte et s'étale sur le fond plan d'une coupe. Il se fait alors un affrontement mouvant entre le liquide des gouttes et celui, immobile, de la coupe. Ce dernier révèle, par ses formes, un aspect de sa qualité.

IV - Avec une technique irréprochable et des conditions ambian-

tes constantes, on peut compter sur une parfaite reproductibilité. Un contrôle préalable de l'image témoin, eau distillée sur eau distillée, permet de déceler immédiatement toute perturbation intervenue dans les conditions habituelles d'expérimentation.

V - Dans l'hydrodynamique de ces images, de multiples facteurs interviennent évidemment : viscosité, densité, nature chimique du liquide, tension superficielle, force d'adhésion, mouillabilité. L'image obtenue, qui exprime leur résultante, est donc synthétique, et non analytique.

VI - Les résultats obtenus à l'aide de cette méthode sur des eaux thermales permettent des constatations fort intéressantes :

A - Des sources de composition minérale différente peuvent donner occasionnellement des images très semblables.

B - L'inverse peut également se produire, images différentes pour des eaux chimiquement identiques et de sources différentes.

C - Des images semblables ont été obtenues pour des eaux à caractéristiques thérapeutiques identiques.

VU & PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur
de l'Académie de Paris :

J. ROCHE

Le Doyen de la Faculté
de Médecine,
G. BROUET

Le Président
de la thèse,
Ch. DEBRAY

B I B L I O G R A P H I E

BORTELS, H. - Beziehungen zwischen Witterungsablauf, physikalisch-chemischen Reaktionen, biologischem Geschehen und Sonnenaktivität.- Die Naturwissenschaften, 1951, 8.

BORTELS, H., MASSFELLER und WEDLER - Inkonstantes Verhalten mikrobiologischer und physikalisch-chemischer Reaktionen.- Umschau, 1966, H. 17.

Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung. Physikalische chemische und bakteriologische Verfahren.- Weinheim (fortlaufende Lieferungen).

FISCHER, F. - Einige Experimente zur Dichteschichtung in Flüssigkeiten.- Z. f. angew. Physik, 1964, H. 1.

JEBSEN-MARWEDEL, H. - Phänomene passiver Transport- und Mischvorgänge durch Abbau von Grenzflächenenergie bei fluiden Stoffpaaren.- Chemiker Zeitung, 1966, H. 12.

JEBSEN-MARWEDEL, H. - Kapillare Hydrodynamik an löslichen Flüssigkeitspaaren als Folge negativer Oberflächenspannung.- Kolloid ZS 1948, 46, 53.

v. KARMAN/LEVI-CIVITA - Vorträge aus dem Gebiete der Hydro- und Aerodynamik. Berlin, 1924.

v. KARMAN/RUBACH - Über den Mechanismus des Flüssigkeits- und

Luftwiderstandes.- Phys. Z. 1912, S. 49.

KOLISKO L.- Mitteilungen des Biol. Inst. am Goetheanum Nr. 1,
Stuttgart, 1934.

KRUTZSCH, C.H. - Über eine experimentell beobachtete Erscheinung an
Wirbelringen bei ihrer translatorischen Bewegung in wirklichen
Flüssigkeiten, Leipzig, 1939.

LOCHER-ERNST, L. - Raum und Gegenraum. Dornach/Schweiz, 1957.

PRANDTL, L. - Zum Wesen der Oberflächenspannung.- Ann. d. Physik,
6. Folge Bd. 1 (1947), S. 59-64.

RINCK, E. - Ätherische Dräfte und innere Grenzflächen Z. Das
Goetheanum, 1965, Nr 46 und 47.

SCHARDIN, H. - Das Toeplersche Schlierenverfahren. VDI -
Forschungsheft Nr. 367, Berlin, 1934.

SCHULTZ, J. - Wirksamkeit der Tageszeiten in Wachstum und Substanz-
geschehen. Dornach/Schweiz, 1951.

SCHWENK, Th. - Grundlagen der Potenzforschung. Schwäb. Gmünd, 1954.

SCHWENK, Th. - Das sensible Chaos, Störendes Firmenschaffen in Wasser
und Luft. Stuttgart, 1962.

SCHWENK, Th. - Bewegungsformen des Wassers, Stuttgart, 1967.
Editeur : Freies Geistesleben.

STEINER, R. - Grundlegendes für eine Erweiterung der Heilkunst nach
geisteswissenschaftlichen Erkenntnissen. Dornach, 1935.

STEINER, R. - Geisteswissenschaft und Medizin. Basel, 1937.

STEUDEL, Th. - Wie beeinflussen elektrische Ladungen die Oberflächenspannung von Flüssigkeiten ? Umschau, 1966, H. 21.

TOEPLER, A. - Beobachtungen nach einer neuen optischen Methode. Bonn, 1864, Ostwalds Klassiker Bd. 157.

UNGER, G. - Vom Bilden physikalischer Begriffe I - III. Stuttgart, 1959-1967.

WALTER, F. - Experimentelle und theoretische Untersuchungen über die Strömungsformen hinter scharfkantigen Widerstandskörpern. Leipzig, 1940.

WOLF, K.L. und WOLFF R. - Versuche zur Physik and Chemie der Grenzflächen. Marburg/Lahn, 1950.

WOLF, K.L. - Physik und Chemie der Grenzflächen. Berlin, Göttingen, Heidelberg, Bd. 1, 1957, Bd. 2, 1959.

WOLF, K.L. - Untersuchungen über Beeinflussung des Randwinkels und der Benetzbarkeit fester und flüssiger Grenzflächen durch grenzflächenaktive Stoffe. Dechema-Tätigkeitsbericht, 1964, S. 54.

- Précis de Pharmacologie et de Thérapeutique hydrominérale.- L'Expansion, Editeur, 1964.

TABLE DES MATIERES

	Page
Introduction	1
Historique	3
I- LA METHODE DE LA PHOTOGRAPHIE DE L'IMPACT DES GOUTTES.	5
1- Formes de mouvement et surfaces internes.	7
2- Principes de la méthode.	11
3- Appareillage et manipulation.	13
a)- L'appareil émetteur de gouttes.	13
b)- L'installation optique d'après la méthode	
strioscopique de Töpler.	18
c)- L'éclairage.	21
d)- L'adjonction de substances réfringentes.	21
e)- Photographie.	22
f)- Température et humidité de l'air.	23
g)- Durée des expériences.	23
h)- Répétition avec des concentrations différentes.	25
4- Conduite d'une expérience.	26
II- RESULTATS DE LA METHODE.	29
A- Résultats de diverses orientations des recherches de	
Th. SCHWENK.	31
B- Etude par la méthode optique de SCHWENK des eaux de	
quelques sources thermales françaises.	33
(Chomel	
1- VICHY.) Grande-Grille	34
(Lucas	

	Page
2- PLOMBIERES : Savonneuse.	
CHATELGUYON : Gubler II.	35
3- MONT-DORE : Source des Chanteurs.	
LA BOURBOULE : Puits Perrière.	36
4- ROYAT : Eugénie.	
BAINS-LES-BAINS : La Vache.	37
5- LUXEUIL : Les Dames.	38
III- DISCUSSION DE LA METHODE.	39
IV- INTERET DE LA METHODE.	55
CONCLUSIONS.	61
BIBLIOGRAPHIE.	63
